

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2006年12月14日 (14.12.2006)

PCT

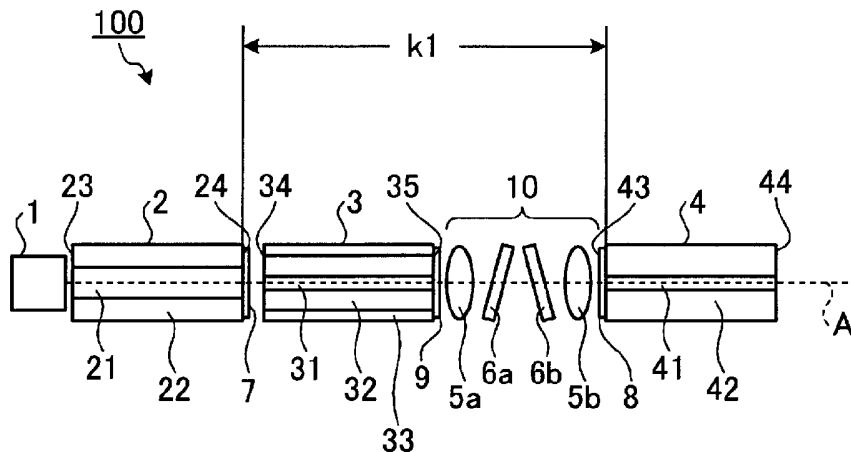
(10) 国際公開番号  
WO 2006/132285 A1

- (51) 国際特許分類:  
H01S 3/06 (2006.01) H01S 3/137 (2006.01)  
H01S 3/094 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/311448
- (22) 国際出願日: 2006年6月7日 (07.06.2006)
- (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2005-166364 2005年6月7日 (07.06.2005) JP  
特願2005-289551 2005年10月3日 (03.10.2005) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 古河電気工業株式会社 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 Tokyo (JP). 東京特殊電線株式会社 (TOTOKU ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1698543 東京都新宿区大久保一丁目3番21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): 輪湖杉生 (WAKO, Sugio) [JP/JP]; 〒3860192 長野県上田市大屋300番地 東京特殊電線株式会社 上田工場内 Nagano (JP). 小山 淳史 (KOYAMA, Atsushi) [JP/JP]; 〒3860192 長野県上田市大屋300番地 東京特殊電線株式会社 上田工場内 Nagano (JP). 張 雄飛 (ZHANG, Xiongfei) [CN/JP]; 〒3860192 長野県上田市大屋300番地 東京特殊電線株式会社 上田工場内 Nagano (JP). 松浦 寛 (MATSUURA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 阿部 啓 (ABE, Satoru) [JP/JP]; 〒1008322 東

[ 続葉有 ]

(54) Title: LIGHT SOURCE

(54) 発明の名称: 光源



(57) Abstract: A light source comprises a semiconductor pumping laser, a pumping light waveguide for guiding a pumping laser beam outputted from the semiconductor pumping laser, an amplifying optical waveguide connected to the pumping light waveguide, pumped by the pumping laser light, and containing an amplifying medium emitting spontaneously emitted light having a predetermined band, output light waveguide for guiding the spontaneously emitted light, a spatial coupling part interposed between the amplifying optical waveguide and the output light waveguide and having a wavelength selecting element selectively transmitting light in a predetermined band within the band of the spontaneously emitted light and a lens unit for allowing the wavelength selecting element to transmit the spontaneously emitted light, input-side light reflecting means interposed between the semiconductor pumping laser and the amplifying optical waveguide, and output-side light reflecting means provided on the output side of the spatial coupling part. A laser resonance cavity including the amplifying optical waveguide and the spatial coupling part is formed by the input- and output-side light reflecting means, thereby providing a light source whose light output is stable.

(57) 要約: 半導体励起レーザと、前記半導体励起レーザから出力する励起レーザ光を導波する励起光導波路と、前記励起光導波路に接続され該励起光導波路から出力する励起レーザ光によって励起され所定の帯域を有する自然放出光を発生する増幅媒体を添加した増幅光

[ 続葉有 ]

WO 2006/132285 A1



京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 高木 武史 (TAKAGI, Takeshi) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 酒井 宏明 (SAKAI, Hiroaki); 〒1006019 東京都千代田区霞が関三丁目2番5号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO,

RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, LS, MW, MZ, NA, 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 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

導波路と、前記増幅光導波路から出力する自然放出光を導波する出力光導波路と、前記増幅光導波路と前記出力光導波路との間に設けられ前記自然放出光の帯域内の所定の帯域の光を選択的に透過する波長選択素子と該波長選択素子に前記自然放出光を透過させるレンズユニットとを有する空間結合部と、前記半導体励起レーザと前記増幅光導波路との間に設けた入力側光反射手段と、前記空間結合部の出力側に設けた出力側光反射手段とを備え、前記入力側光反射手段と前記出力側光反射手段とによって前記増幅光導波路と前記空間結合部とを含めたレーザ共振器を形成したことにより、光の出力が安定した光源を提供する。

## 明 細 書

### 光源

### 技術分野

[0001] 本発明は、主にレーザー顕微鏡装置、バイオ医療用の分析装置、精密測定装置に用いられる光源に関するものである。

### 背景技術

[0002] 従来、レーザー顕微鏡装置、バイオ医療用の蛍光分析装置や生体分析装置、精密測定装置等に用いられる光源として、半導体レーザーや、非線形光学結晶などの高調波発生素子であるSHG(第二次高調波)素子またはTHG(第三次高調波)素子を半導体レーザーによって励起して高調波光を発生させる構成の光源が用いられている。半導体レーザーが発生する光は半導体レーザーに固有の波長を有し、SHG素子またはTHG素子が発生する高調波光は半導体レーザーに固有の波長の1/2または1/3の波長を有する。

[0003] 一方、所定の波長の光を発生する光源として、光ファイバを用いた光ファイバレーザーが開示されている(例えば、特許文献1参照)。

[0004] 特許文献1:特開2005-12008号公報

### 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

[0005] 上記のレーザー顕微鏡装置などの装置において、たとえばタンパク質などの蛍光分析を行うために530nm~600nmの波長の光が必要となる場合がある。SHG素子によってこの帯域の波長の光を生成する場合、1060nm~1200nmの波長の光を発生する光源が必要となる。

[0006] しかしながら、従来の光源は光の出力が十分に安定せず、特に高調波発生素子と組み合わせた場合に高調波発生素子から発生する高調波光の出力が安定しないという問題点があった。

[0007] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、光の出力が安定した光源を提供することを目的とする。

## 課題を解決するための手段

- [0008] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る光源は、半導体励起レーザと、前記半導体励起レーザから出力する励起レーザ光を導波する励起光導波路と、前記励起光導波路に接続され、該励起光導波路から出力する前記励起レーザ光によって励起され所定の帯域を有する自然放出光を発生する増幅媒体を添加した増幅光導波路と、前記増幅光導波路から出力する前記自然放出光を導波する出力光導波路と、前記増幅光導波路と前記出力光導波路との間に設けられ、前記自然放出光の帯域内の所定の帯域の光を選択的に透過する波長選択素子と該波長選択素子に前記自然放出光を透過させるレンズユニットとを有する空間結合部と、前記半導体励起レーザと前記増幅光導波路との間に設けた入力側光反射手段と、前記空間結合部の出力側に設けた出力側光反射手段と、を備え、前記入力側光反射手段と前記出力側光反射手段とによって前記増幅光導波路と前記空間結合部とを含めたレーザ共振器を形成したことを特徴とする。
- [0009] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記出力側光反射手段は、前記出力光導波路に形成され前記波長選択素子の透過波長を含む帯域の光を選択的に反射するブラッググレーティングであることを特徴とする。
- [0010] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記出力側光反射手段は、前記出力光導波路の入力側または出力側の端面のいずれか一つに形成したフィルタであることを特徴とする。
- [0011] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記入力側光反射手段は、前記励起光導波路の出力側の端面または前記増幅光導波路の入力側の端面に形成したフィルタであることを特徴とする。
- [0012] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記入力側光反射手段は前記波長選択素子の透過波長における光の反射率が95%以上であり、前記出力側光反射手段は前記波長選択素子の透過波長における光の反射率が4%以上70%以下であることを特徴とする。
- [0013] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記励起光導波路は、コア径が50  $\mu$  m以上400  $\mu$  m以下のマルチモード光ファイバであることを特徴とすることを

特徴とする。

- [0014] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記増幅光導波路は、前記増幅媒体を添加したコア層と前記コア層の外側に設けた該コア層より屈折率が低い内部クラッド層と、前記内部クラッド層の外側に設けた該内部クラッド層より屈折率が低い外部クラッド層と、を有し、前記励起レーザ光は前記コア層および前記内部クラッド層を導波して前記コア層に添加した増幅媒体を励起し、励起した前記増幅媒体が発生する前記自然放出光は前記コア層を導波することを特徴とする。
- [0015] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記増幅媒体は、イッテルビウムまたはエルビウムの少なくとも一方であることを特徴とする。
- [0016] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記励起光導波路の出力側端面または前記増幅光導波路の入力側端面のうち少なくとも一方は、中心部において50  $\mu$  m以下の深さを有する凹状の表面形状を有することを特徴とする。
- [0017] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記出力光導波路は偏波保持型光ファイバであることを特徴とする。
- [0018] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記波長選択素子は、透過帯域の半値幅が10nm以下であって該透過帯域の中心波長における透過率が70%以上である誘電体多層膜フィルタまたはエタロンフィルタの少なくとも一方であることを特徴とする。
- [0019] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記波長選択素子の透過帯域の半値幅は3nm以下であることを特徴とする。
- [0020] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記波長選択素子は、前記透過帯域の中心波長が所定の値になるように前記空間結合部の光軸に対する傾斜角度を調整して配置したことを特徴とする。
- [0021] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記レンズユニットは、球面レンズ、平凸レンズ、分布屈折率レンズ、グレーデッドインデックス型光ファイバ、または非球面レンズの少なくともいずれか一つからなることを特徴とする。
- [0022] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記分布屈折率レンズは、光の入力側または出力側の端面の少なくとも一方に反射防止膜を形成したものである

ことを特徴とする。

[0023] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記励起光導波路、前記増幅光導波路、および前記出力光導波路は、前記入力側反射手段または出力側反射手段が設けられていない端面のうち少なくとも一つが光軸と垂直な面に対して4度以上の角度を有することを特徴とする。

[0024] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記励起光導波路、前記増幅光導波路、および前記出力光導波路は、前記入力側反射手段または出力側反射手段が設けられていない端面うちの少なくとも一つに反射防止膜が形成されたことを特徴とする。

[0025] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記増幅光導波路は、出力側端面に前記励起レーザ光の波長の光を4%以上20%以下の反射率で反射する反射膜が形成されていることを特徴とする。

[0026] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記空間結合部は前記自然放出光のうち所定の偏光の光のみを透過する偏光子を有することを特徴とする。

[0027] また、本発明に係る光源は、上記の発明において、前記励起光導波路、前記増幅光導波路、前記空間結合部、前記出力光導波路のうち少なくとも前記励起光導波路と前記増幅光導波路との一方の端部はそれぞれ円筒状のフェルルールに該励起光導波路または増幅光導波路の端面と該フェルルールの端面とが同一面上になるように収納されており、前記フェルルールの外径と同じ直径の貫通孔を有するスリーブの両端から前記フェルルールを挿入して該フェルルールの端面同士を接合することにより前記励起光導波路と前記増幅光導波路とが接続することを特徴とする。

### 発明の効果

[0028] 本発明によれば、増幅光導波路と、増幅光導波路において発生する自然放出光の帯域内の所定の帯域の光を選択的に透過する波長選択素子を有する空間結合部とを含めたレーザ共振器を形成したことにより、波長選択素子が透過する波長において安定したレーザ発振が起こり、自然放出光の帯域内の不要な光が不安定なレーザ発振を引き起こすことが抑制される。その結果、光の出力が安定した光源を実現できるという効果を奏する。

## 図面の簡単な説明

- [0029] [図1]図1は、本発明の実施の形態1に係る光源の断面概略図である。  
[図2]図2は、本発明の実施の形態2に係る光源の断面概略図である。  
[図3]図3は、本発明の実施の形態3に係る光源の断面概略図である。  
[図4]図4は、本発明の実施の形態4に係る光源の断面概略図である。  
[図5]図5は、本発明の実施の形態5に係る光源の断面概略図である。  
[図6]図6は、本発明の実施の形態6に係る光源の断面概略図である。  
[図7]図7は、本発明の実施の形態7に係る光源の断面概略図である。  
[図8]図8は、本発明の実施の形態8に係る光源のマルチモード光ファイバとダブルクラッド光ファイバとの接続部分の外観図と、該接続部分の拡大断面概略図とを示す図である。  
[図9]図9は、本発明の実施の形態9に係る光源のマルチモード光ファイバとダブルクラッド光ファイバとの接続部を拡大して示した拡大断面概略図である。

## 符号の説明

- [0030] 1 半導体励起レーザ  
2、2a マルチモード光ファイバ  
21、21a、31、31a、41 コア層  
22、22a、42 クラッド層  
23、34、43 入力側端面  
24、24a、35、35a、44 出力側端面  
25、36 端部  
26、37 フェルルール  
27、38 端面  
3、3a ダブルクラッド光ファイバ  
32、32a 内部クラッド層  
33、33a 外部クラッド層  
4 シングルモード光ファイバ  
4a、4b 偏波保持型シングルモード光ファイバ

5a、5b 球面レンズ  
5c、5d 分布屈折率レンズ  
6a、6b エタロンフィルタ  
6c 偏光フィルタ  
7、7a、8 誘電体多層膜フィルタ  
9、9a～9d ARコート誘電体多層膜  
10、10a、10b、10c 空間結合部  
11 偏光フィルタ  
12、12a ファイバブラッググレーティング  
13 割りスリーブ  
100、100a、100b、200、200a、200b 光源  
d 深さ  
k1、k2 共振器

#### 発明を実施するための最良の形態

[0031] 以下に、本発明にかかる光源の実施の形態を図を参照して詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0032] (実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1に係る光源の断面概略図である。光源100は、半導体励起レーザ1と、半導体励起レーザから出力する波長915nmの励起レーザ光を導波する励起光導波路であるマルチモード光ファイバ2と、マルチモード光ファイバ2に接続され、マルチモード光ファイバ2から出力する励起レーザ光によって励起され1060nm～1200nmの波長帯域を有する自然放出光を発生する増幅媒体である ytterbium (Yb) のイオンを添加した増幅光導波路であるダブルクラッド光ファイバ3と、ダブルクラッド光ファイバ3から出力する自然放出光を導波する出力光導波路であるシングルモード光ファイバ4と、ダブルクラッド光ファイバ3とシングルモード光ファイバ4との間に設けられ、上記の自然放出光の波長帯域内の所望の波長、本実施の形態では1100nmを中心波長とする半値幅10nm以下の光を選択的に透過する波長選択素子であるエタロンフィルタ6a、6bとエタロンフィルタ6a、6bに自然放出光を

透過させるレンズユニットである球面レンズ5a、5bとを有する空間結合部10と、マルチモード光ファイバ2の出力側端面24に形成された入力側光反射手段である誘電体多層膜フィルタ7と、シングルモード光ファイバ4の入力側端面43に形成された出力側光反射手段である誘電体多層膜フィルタ8とを備え、誘電体多層膜フィルタ7、8によってダブルクラッド光ファイバ3と空間結合部10とを含めたレーザ共振器k1を形成している。

[0033] 半導体励起レーザ1は波長915nmの励起レーザ光を数百mW～5W程度の強度で出力する。なお、Ybイオンを励起するために励起レーザ光の波長は900nm～1000nmであることが好ましい。また、マルチモード光ファイバ2はコア径50 $\mu$ mのコア層21とコア層21の外側に設けた外径125 $\mu$ mのクラッド層22とを備える。励起レーザ光は入力側端面23から入力しコア層21を導波して誘電体多層膜7が形成された出力側端面24から出力するが、コア層21のコア径は50 $\mu$ m以上であれば強度数百mWの励起レーザ光を効率よく結合し、導波できる。

[0034] ダブルクラッド光ファイバ3はYbイオンを添加したコア径6 $\mu$ mのコア層31と、コア層31の外側に設けたコア層31より屈折率が低い外径130 $\mu$ mの内部クラッド層32と、内部クラッド層32の外側に設けた内部クラッド層32より屈折率が低い外径250 $\mu$ mの外部クラッド層33とを有する。そして、ダブルクラッド光ファイバ3のコア層31に添加したYbイオンが入力側端面34から入力しコア層31および内部クラッド層32を導波する励起レーザ光により励起され、1060nm～1200nmの波長帯域を有する自然放出光を発生する。発生した自然放出光はコア層31を導波し、出力側端面35から出力する。なお、ダブルクラッド光ファイバ3としてコア径が5 $\mu$ m以上100 $\mu$ m以下で希土類元素を添加した石英からなるコア層と、外径がコア径より大きく1000 $\mu$ m以下で石英からなる内部クラッド層と、外径が内部クラッド層の外径より大きく2000 $\mu$ m以下で樹脂または石英からなる外部クラッド層とを備えるものを用いることができる。

[0035] 空間結合部10は、球面レンズ5aによりダブルクラッド光ファイバ3の出力側端面35から出力した自然放出光をエタロンフィルタ6a、6bに透過させ、エタロンフィルタ6a、6bにより1100nmを中心波長とする半値幅10nm以下の帯域の光を中心波長の透過率が70%以上で選択的に透過し、球面レンズ5bによってシングルモード光ファイ

バ4に結合させる。シングルモード光ファイバ4はコア径 $10\mu\text{m}$ のコア層41とコア層41の外側に設けたコア層41より屈折率が低い外径 $125\mu\text{m}$ のクラッド層42とを有する。本実施の形態1に係る光源においては球面レンズ5a、5bによって異径の光ファイバであるダブルクラッド光ファイバ3とシングルモード光ファイバ4とが高い結合効率で光学的に接続する。なお、球面レンズ5a、5bの材質は石英またはBK7やホウ珪酸ガラスなどのガラスである。

[0036] エタロンフィルタ6aは多重光干渉を利用した高い透過特性を持った狭帯域フィルタであり、透過帯域の中心波長を $1100\text{nm}$ とするように空間結合部10の光軸Aに対する傾斜角度を調整して配置されている。また、エタロンフィルタ6bは、エタロンフィルタ6aと光軸Aに垂直な面に対して対称となるような傾斜角度で配置されているので、エタロンフィルタ6a、6bを透過する光の光軸は透過前後で光軸A上に保持される。なお、エタロンフィルタの厚さが薄い場合には、エタロンフィルタ6aのみでも光軸が保持される。また、光源100は、エタロンフィルタ6a、6bの傾斜角度を所望の値に調整するための傾斜角度調整機構を備えていてもよい。

[0037] 本実施の形態1に係る光源100においては、シングルモード光ファイバ4の入力側端面43に誘電体多層膜8が形成されており、誘電体多層膜フィルタ7、8によってダブルクラッド光ファイバ3と空間結合部10とを含めたレーザ共振器k1を形成している。誘電体多層膜フィルタ7の光の反射率は波長 $1100\text{nm}$ において95%以上であり、励起レーザ光の波長である $915\text{nm}$ において反射率は5%以下であって透過率は95%以上である。誘電体多層膜フィルタ8の光の反射率については波長 $1100\text{nm}$ において4%以上70%以下であるが、本実施の形態1のようにエタロンフィルタの波長が $1075\text{nm}$ 以上の場合は40%以上70%以下が好ましい。なお、誘電体多層膜フィルタ7と同様に、誘電体多層膜フィルタ8は励起レーザ光の波長である $915\text{nm}$ において反射率は5%以下であって透過率は95%以上である。なお、誘電体多層膜7、8は $\text{Ta}_2\text{O}_5$ などの高屈折率誘電体膜と $\text{SiO}_2$ などの低屈折率誘電体膜とを交互に積層して形成したものであり、膜の厚さや積層数を適切に設計することによって上記の所望の特性を実現できる。

[0038] 誘電体多層膜フィルタ7、8が上記の反射率を有するので、レーザ共振器k1によ

てエタロンフィルタ6a、6bが透過する波長1100nmの自然放出光がレーザ発振し、シングルモード光ファイバ4は波長1100nmのレーザ光を導波し、出力側端面44から出力する。なお、通常のエタロンフィルタは厚さによって定まる光周波数間隔で繰り返す複数の透過帯域を有するが、エタロンフィルタ6a、6bの厚さが20 $\mu$ m $\sim$ 30 $\mu$ mであれば前記光周波数間隔は広くなり、Ybイオンの自然放出光の帯域内において主要なレーザ発振ピークを与える透過帯域の数を1本とすることができる。その結果、ほぼ単一波長の光をレーザ発振させることができる。

[0039] そして、光源100は、レーザ共振器k1がダブルクラッド光ファイバ3とエタロンフィルタ6a、6bを有する空間結合部10とを含むので、たとえばレーザ共振器k1による不要な縦モード発振によって縦モード間のモードホップが発生して不安定なレーザ発振を引き起こすことが抑制され、波長1100nmにおいて安定した縦モードのレーザ発振が起こる。その結果、出力が安定したレーザ光を得ることができる。なお、エタロン6a、6bの透過帯域の半値幅は10nm以下であるが、この半値幅が3nm以下であれば、透過帯域が制限されるので、さらに出力を安定化させることができる。さらに光源100は、ダブルクラッド光ファイバ3の出力側端面35に反射防止用のAR (Anti-Reflection) コート誘電体多層膜9が形成されている。その結果、共振器k1内で端面の反射によって共振器以外での不必要な共振器が形成されるのを防止し、このような不必要な共振器の形成による共振器k1よりも広いたとえば0.1nm以上の縦モード間隔を持つ不安定なレーザ発振の発生や、この不安定なレーザ発振による光の強度雑音の発生も防止している。なお、光源100は、エタロン6a、6bの透過帯域の調整によって1060nm $\sim$ 1200nmの間の任意の波長の光を出力することができる。

[0040] さらに、光源100は半導体レーザを使用しているため、数万時間の寿命を有し、半永久的な使用が可能となり経済性に優れたものであるとともに、エネルギーの変換効率がよく、大型の冷却装置が不要で、設備の小型化および経済性に秀でた光源となる。また特に光源100は、効率的に高調波光を発生することができる励起波長帯域が狭いSHG素子と組み合わせてレーザ顕微鏡装置、バイオ医療用の蛍光分析装置や生体分析装置、精密測定装置に用いられる光源等に必要とされる530nm $\sim$ 600nmの波長の光を安定した出力で生成するための光源として使用することが可能とな

る。その結果、従来分析が難しい種々のたんぱく質などの蛍光分析が可能となる。

[0041] (実施の形態2)

つぎに、本発明の実施の形態2に係る光源について説明する。本実施の形態2に係る光源は、実施の形態1に係る光源と同様の構成を有し、同様の効果を奏するが、レンズユニットが分布屈折率レンズである点などが異なる。

[0042] 図2は、本実施の形態2に係る光源100aの断面概略図である。光源100aは、空間結合部10aがレンズユニットとして分布屈折率レンズ5c、5dを備える。そして、分布屈折率レンズ5c、5dの光の入力側および出力側の端面にARコート誘電体多層膜9a～9dが形成されており不必要な共振器の形成が防止されている。

[0043] 本実施の形態2に係る光源100aは、空間結合部10aがレンズユニットとして分布屈折率レンズ5c、5dを備えることにより、空間結合部の小型化が可能となるとともに光学系の位置調整が容易となり、小型で製造性が高いものとなる。

[0044] (実施の形態3)

つぎに、本発明の実施の形態3に係る光源について説明する。本実施の形態3に係る光源は、実施の形態1に係る光源と同様の構成を有し、同様の効果を奏するが、空間結合部が偏光子を有し、出力光導波路が偏波保持型光ファイバである点などが異なる。

[0045] 図3は、本実施の形態3に係る光源100bの断面概略図である。光源100bは、空間結合部10bが偏光フィルタ11を有し、出力光導波路が偏波保持型光ファイバ4aである。偏光フィルタ11は空間結合部10bに入力する自然放出光のうち所定の直線偏波の光のみを透過し、その結果、所定の直線偏波状態の光のみがレーザ発振する。一方、偏波保持型光ファイバ4aは、コア径が $5\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下のコア層と、コア層の外側に設けた外径がコア径より大きく $200\mu\text{m}$ 以下のクラッド層と、クラッド層内にコア層を挟むようにコア層と平行に形成した応力付与部とを有するパンダ光ファイバと呼ばれるものであり、入力側端面から入力した光をその光の偏波状態を保持した状態で導波し、出力側端面から出力する。また、ダブルクラッド光ファイバ3の出力側端面35aは、研磨により光軸と垂直な面に対して5度の角度を有するように加工されており、共振器以外での不必要な反射の発生を防止している。この角度は4度以

上であれば不必要な反射の発生を防止する効果が得られる。

[0046] 上記の構成により、光源100bは偏波保持型光ファイバ4aから消光比の高い、特に直線偏波状態のレーザ光を出力することができる。したがって、高調波発生素子から発生する高調波光の発生効率が光源の偏波状態に依存するものである場合であっても、一層高効率でかつ安定して高調波光を発生させることができる光源となる。

[0047] (実施の形態4)

つぎに、本発明の実施の形態4に係る光源について説明する。本実施の形態4に係る光源は、実施の形態3に係る光源と同様の構成を有し、同様の効果を奏するが、波長選択素子と偏光子が一つのフィルタにより実現される点などが異なる。

[0048] 図4は、本実施の形態4に係る光源100cの断面概略図である。光源100cは、空間結合部10cがエタロンフィルタとしても機能する偏光フィルタ6cを有する。具体的は、偏光フィルタ6cは厚さ $20\mu\text{m}$ ~ $30\mu\text{m}$ 程度の厚さの平行平板状であって、表面に誘電体多層膜をコーティングしてエタロンフィルタとしての機能も持たせたものである。光源100cは、上記偏光フィルタ6cを用いる結果、エタロンフィルタ6a、6bを省略でき、空間結合部の小型化された全体として小型の光源となる。

[0049] (実施の形態5)

つぎに、本発明の実施の形態5に係る光源について説明する。本実施の形態5に係る光源は、実施の形態3に係る光源と同様の構成を有し、同様の効果を奏するが、出力側光反射手段が出力光導波路に形成されたブラッググレーティングである点などが異なる。

[0050] 図5は、本実施の形態5に係る光源200の断面概略図である。光源200は、空間結合部10bが偏光フィルタ11を有し、出力光導波路が偏波保持型光ファイバ4bである。偏波保持型光ファイバ4bは、偏波保持型光ファイバ4aと同様にコア層とクラッド層と応力付与部とを有し、さらにコア層にファイバブラッググレーティング12が形成されたものである。このファイバブラッググレーティング12は、コア層の長手方向と垂直な面を有する格子面が所定の周期で配置された構造を有し、ブラッグ反射によってエタロンフィルタ6a、6bの透過波長である $1100\text{nm}$ を含む半値幅 $10\text{nm}$ 以下の波長帯域の光を4%以上70%以下の反射率で反射するものである。ファイバブラッググレー

ティング12は、コア層の長手方向に沿った一定範囲に位相マスク法により紫外線レーザーを照射することによって形成できる。なお、実施の形態1の誘電体多層膜フィルタ8と同様に、エタロンフィルタの波長が1075nm以上の場合は、ファイバブラッググレーティング12の反射率は40%以上70%以下が好ましい。

[0051] 光源200においては、ファイバブラッググレーティング12と誘電体多層膜フィルタ7がレーザー共振器k2を形成する。また、ファイバブラッググレーティング12は半値幅10nmの波長帯域の光のみを反射するので、波長選択素子としても機能する。その結果、光源200は、直線偏波状態のレーザー光を出力することができるとともに、ファイバブラッググレーティング12とエタロンフィルタ6a、6bとの相乗効果により一層半値幅が狭いシャープなレーザー光を出力することができる。なお、ブラッググレーティングは製造条件などが原因で所定の波長帯域以外の波長においても不必要な反射ピークを生じさせる場合があるが、光源200においてはそのような不必要な光が反射してもエタロンフィルタ6a、6bによって遮断されるため、不安的なレーザー発振を発生させるおそれがない。

[0052] (実施の形態6)

つぎに、本発明の実施の形態6に係る光源について説明する。本実施の形態6に係る光源は、実施の形態5に係る光源と同様の構成を有し、同様の効果を奏するが、実施の形態2に係る光源と同様にレンズユニットが分布屈折率レンズである点などが異なる。

[0053] 図6は、本実施の形態6に係る光源200aの断面概略図である。図5に示すように、光源200aは、光源200と同様に出力側反射手段が偏波保持型光ファイバ4bに形成されたファイバブラッググレーティング12であり、かつ光源100aと同様に空間結合部10aがレンズユニットとして分布屈折率レンズ5c、5dを備える。そして、分布屈折率レンズ5c、5dの光の入力側および出力側の端面にARコート誘電体多層膜9a~9dが形成されており不必要な共振器の形成が防止されている。その結果、光源200aは、直線偏波状態のレーザー光を出力することができ、一層半値幅が狭いシャープなレーザー光を出力することができるとともに、小型で製造性が高いものとなる。

[0054] (実施の形態7)

つぎに、本発明の実施の形態7に係る光源について説明する。本実施の形態7に係る光源は、実施の形態6に係る光源と同様の構成を有し、同様の効果を奏するが、入力側反射手段も増幅光導波路に形成されたブラッググレーティングである点などが異なる。

[0055] 図7は、本実施の形態7に係る光源200bの断面概略図である。図7に示すように、光源200bは、出力側反射手段が偏波保持型光ファイバ4bに形成されたファイバブラッググレーティング12であるとともに、入力側反射手段もダブルクラッド光ファイバ3aに形成したファイバブラッググレーティング12aである。ダブルクラッド光ファイバ3aはダブルクラッド光ファイバ3と同様の特性のコア層31a、内部クラッド層32a、外部クラッド層33aを有するものであり、ファイバブラッググレーティング12aはファイバブラッググレーティング12と同様の特性を有し、同様の方法で形成できる。なお、ファイバブラッググレーティング12aはダブルクラッド光ファイバ3aにおいてマルチモード光ファイバ2に近い側に形成されている。

[0056] 光源200bにおいては、ファイバブラッググレーティング12とファイバブラッググレーティング12aとがレーザー共振器を形成するとともに波長選択素子としても機能する。その結果、光源200bは、直線偏波状態のレーザー光を出力することができるとともに、さらに一層半値幅が狭いシャープなレーザー光を出力することができる。

[0057] (実施の形態8)

つぎに、本発明の実施の形態8に係る光源について説明する。本実施の形態8に係る光源は、実施の形態6に係る光源と同様の構成を有し、同様の効果を奏するが、フェルルールによって励起光導波路と増幅光導波路とが接続する点などが異なる。以下、この接続部について詳細に説明する。

[0058] 図8は、本発明の実施の形態8に係る光源のマルチモード光ファイバ2とダブルクラッド光ファイバ3との接続部分の外観図と、該接続部分の拡大断面概略図とを示す図である。図8の外観図および拡大断面概略図に示すように、本実施の形態8に係る光源においては、マルチモード光ファイバ2の出力側の端部25とダブルクラッド光ファイバ3の入力側の端部36とがそれぞれジルコニアセラミックからなる円筒状のフェルルール26、37に収納されている。このフェルルール26、37は、フェルルール26、37の中心軸

部に形成された貫通孔にマルチモード光ファイバ2またはダブルクラッド光ファイバ3を挿通し、マルチモード光ファイバ2またはダブルクラッド光ファイバ3の端面とフェルルール26または37の端面とが同一面上になるよう位置調整し、接着剤で固定されている。そして、フェルルール26、37の外径と同じ直径の貫通孔を有するジルコニアセラミックからなる円筒状の割りスリーブ13の両端からフェルルール26、37を挿入しフェルルール26、37の端面同士を接合することにより、マルチモード光ファイバ2とダブルクラッド光ファイバ3とが接続する。なお、本実施の形態8の場合はマルチモード光ファイバ2にフェルルール26を固定してから誘電体多層膜7を形成するので、図8の拡大断面概略図においてフェルルール26の端面27にも誘電体多層膜7が形成されている。なお、符号27、38はそれぞれフェルルール26、37の端面を示す。

[0059] 本発明の実施の形態8に係る光源は、マルチモード光ファイバ2とダブルクラッド光ファイバ3とが上記のように接続することによってマルチモード光ファイバ2とダブルクラッド光ファイバ3との光軸が一致し易くかつずれにくくなるので、接続損失を低くすることができる。また、接続部の着脱を繰り返しても接続損失の再現性が高いものとなる。なお、マルチモード光ファイバ2の出力側の端部とダブルクラッド光ファイバ3の出力側の端部とにさらにSCコネクタやLCコネクタを設け、これらのコネクタによってスリーブが内蔵されたSC型アダプタやLC型アダプタを介してマルチモード光ファイバ2とダブルクラッド光ファイバ3とが接続してもよい。

[0060] (実施の形態9)

つぎに、本発明の実施の形態9に係る光源について説明する。本実施の形態9に係る光源は、実施の形態6に係る光源と同様の構成を有し、同様の効果を奏するが、マルチモード光ファイバの光出力側端面が凹状の表面形状を有し、そこに入力側反射手段である誘電体多層膜フィルタが形成されている点などが異なる。以下、この接続部について詳細に説明する。

[0061] 図9は、本実施の形態9に係る光源のマルチモード光ファイバとダブルクラッド光ファイバとの接続部を拡大して示した拡大断面概略図である。図9に示すように、本実施の形態9に係る光源においては、コア層21aとクラッド層22aとを有するマルチモード光ファイバ2aの出力側端面24aが中心部において深さdを有する凹状の表面形状

を有し、入力側反射手段である誘電体多層膜フィルタ7aが形成されている。その結果、誘電体多層膜フィルタ7aとダブルクラッド光ファイバ3の入力側端面34とが接触しないようにすることができるので、端面の損傷を防止することができる。このような凹状の表面形状は研磨加工により実現できる。また、深さdは1  $\mu$  m以上であれば端面同士の接触を防止することができ、50  $\mu$  m以下であれば十分である。なお、マルチモード光ファイバの出力側端面またはダブルクラッド光ファイバの入力側端面の少なくともいずれか一方が上記のような凹状の表面形状を有していれば、端面の損傷防止の効果が得られるので好ましい。

[0062] なお、本発明は上記実施の形態に限られない。たとえば、上記実施の形態においては、Ybイオンを増幅媒体として用いたが、他の希土類元素たとえばエルビウム(Er)のイオンや、YbイオンとErイオンの両方を増幅媒体として用いてもよい。増幅媒体としてErイオンを用いる場合は、980nm付近または1480nm付近のいずれかの波長の励起レーザ光を発生する半導体励起レーザを用いる。この場合、自然放出光の波長帯域は1520-1610nm程度である。また、増幅媒体としてYbイオンとErイオンの両方を用いる場合は、900nm~1000nmのいずれかの波長の励起レーザ光を発生する半導体励起レーザを用いる。この場合も、自然放出光の波長帯域は1520-1610nm程度である。

[0063] また、上記実施の形態においては波長選択素子としてエタロンフィルタを用いたが、ガラス基板上に $\text{Ta}_2\text{O}_5$ などの高屈折率誘電体膜と $\text{SiO}_2$ などの低屈折率誘電体膜とを交互に積層して形成した誘電体多層膜のバンドパスフィルタを用いてもよい。また、上記実施の形態においてはダブルクラッド光ファイバの出力側端面が光軸と垂直な面に対して4度以上の角度を有していたが、励起光導波路、増幅光導波路、および出力光導波路において入力側反射手段または出力側反射手段である誘電体多層膜フィルタが設けられていない端面のうち少なくとも一つが上記角度を有していればよい。また、反射防止膜についても、励起光導波路、増幅光導波路、および出力光導波路において入力側反射手段または出力側反射手段である誘電体多層膜フィルタが設けられていない端面のうち少なくとも一つに形成されていればよい。

[0064] また、上記実施の形態においては、レンズユニットとして球面レンズまたは分布屈折

率レンズを用いたが、平凸レンズ、グレーデッドインデックス型光ファイバ、または非球面レンズのいずれかまたはこれらを組み合わせたものを用いてもよい。

[0065] また、上記実施の形態において空間結合部に偏光フィルタを備えた光源の場合は出力光導波路を偏波保持型光ファイバとしたが、出力光導波路だけでなく増幅光導波路も偏波保持型光ファイバとすれば、一層安定した偏光状態の光出力が得られる。

[0066] また、上記実施の形態においては、入力側反射手段である誘電体多層膜フィルタは励起光出力導波路であるマルチモード光ファイバの出力側端面に形成したが、増幅光導波路であるダブルクラッド光ファイバの入力側端面に形成してもよい。同様に、上記実施の形態においては、出力側反射手段である誘電体多層膜フィルタは出力光導波路であるシングルモード光ファイバの入力側端面に形成したが、出力側端面に形成してもよい。また、増幅光導波路は出力側端面に励起レーザー光の波長の光を4%以上20%以下の反射率で反射する誘電体多層膜が形成されていてもよい。この誘電体多層膜により増幅媒体の励起に用いられなかった励起レーザー光の一部を反射して再び増幅光導波路に戻すことによってレーザー発振の効率を高めることができる。

[0067] また、上記実施の形態において、励起光導波路であるマルチモード光ファイバのコア径は400  $\mu$  m以下が好ましい。その理由は、たとえばコア径100  $\mu$  mでクラッド外径が125  $\mu$  mのマルチモード光ファイバの一端を束ねたバンドルファイバを形成し、各マルチモード光ファイバのもう一端をそれぞれ半導体レーザーに取り付け、複数の半導体レーザーでダブルクラッド光ファイバを励起する場合を考える。この場合、束ねるマルチモード光ファイバの数を5または7本とするのが光の結合効率上望ましいが、この場合束ねるマルチモード光ファイバを最も密に配列した場合は3本が直線状に配列されるので、励起光導波路であるマルチモード光ファイバのコア径は400  $\mu$  mであればバンドルファイバからの光出力を十分に結合できるからである。また、上記実施の形態においては励起光導波路がマルチモード光ファイバであったが、シングルモード光ファイバを用いてもよい。

産業上の利用可能性

[0068] 以上のように、本発明に係る光源は、高調波発生素子と組み合わせて、レーザ顕微鏡装置、バイオ医療用の蛍光分析装置や生体分析装置、精密測定装置等に好適に利用できる。

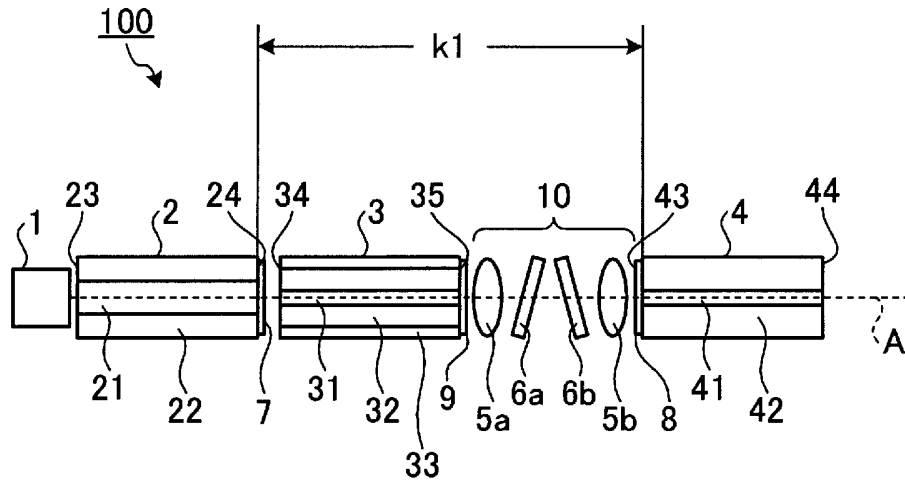
## 請求の範囲

- [1] 半導体励起レーザと、  
前記半導体励起レーザから出力する励起レーザ光を導波する励起光導波路と、  
前記励起光導波路に接続され、該励起光導波路から出力する前記励起レーザ光  
によって励起され所定の帯域を有する自然放出光を発生する増幅媒体を添加した  
増幅光導波路と、  
前記増幅光導波路から出力する前記自然放出光を導波する出力光導波路と、  
前記増幅光導波路と前記出力光導波路との間に設けられ、前記自然放出光の帯  
域内の所定の帯域の光を選択的に透過する波長選択素子と該波長選択素子に前  
記自然放出光を透過させるレンズユニットとを有する空間結合部と、  
前記半導体励起レーザと前記増幅光導波路との間に設けた入力側光反射手段と、  
前記空間結合部の出力側に設けた出力側光反射手段と、  
を備え、前記入力側光反射手段と前記出力側光反射手段とによって前記増幅光  
導波路と前記空間結合部とを含めたレーザ共振器を形成したことを特徴とする光源。
- [2] 前記出力側光反射手段は、前記出力光導波路に形成され前記波長選択素子の透  
過波長を含む帯域の光を選択的に反射するブラッググレーティングであることを特徴  
とする請求項1に記載の光源。
- [3] 前記出力側光反射手段は、前記出力光導波路の入力側または出力側の端面のい  
ずれか一つに形成したフィルタであることを特徴とする請求項1に記載の光源。
- [4] 前記入力側光反射手段は、前記励起光導波路の出力側の端面または前記増幅光  
導波路の入力側の端面に形成したフィルタであることを特徴とする請求項1～3のい  
ずれか一つに記載の光源。
- [5] 前記入力側光反射手段は前記波長選択素子の透過波長における光の反射率が9  
5%以上であり、前記出力側光反射手段は前記波長選択素子の透過波長における  
光の反射率が4%以上70%以下であることを特徴とする請求項1～4のいずれか一  
つに記載の光源。
- [6] 前記励起光導波路は、コア径が50  $\mu$  m以上400  $\mu$  m以下のマルチモード光ファイ  
バであることを特徴とする請求項1～5のいずれか一つに記載の光源。

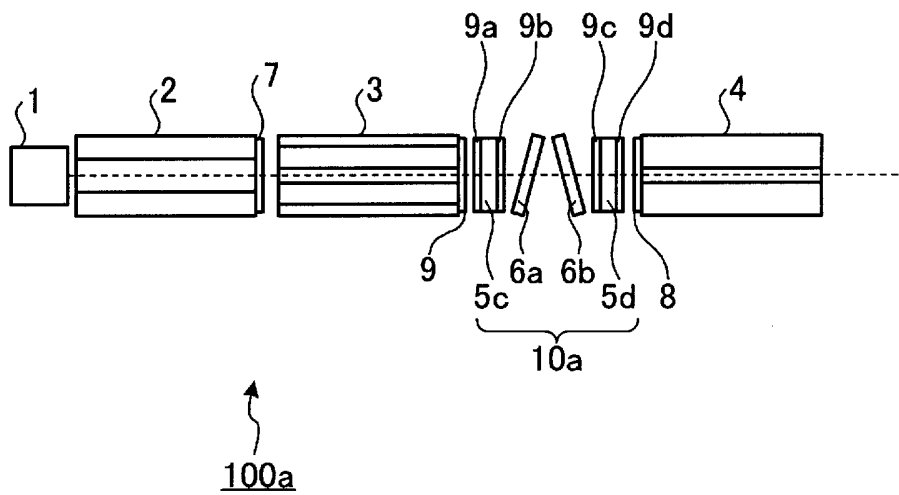
- [7] 前記増幅光導波路は、  
前記増幅媒体を添加したコア層と、  
前記コア層の外側に設けた該コア層より屈折率が低い内部クラッド層と、  
前記内部クラッド層の外側に設けた該内部クラッド層より屈折率が低い外部クラッド層と、  
を有し、前記励起レーザ光は前記コア層および前記内部クラッド層を導波して前記コア層に添加した増幅媒体を励起し、励起した前記増幅媒体が発生する前記自然放出光は前記コア層を導波することを特徴とする請求項1～6のいずれか一つに記載の光源。
- [8] 前記増幅媒体は、イッテルビウムまたはエルビウムの少なくとも一方であることを特徴とする請求項1～7のいずれか一つに記載の光源。
- [9] 前記励起光導波路の出力側端面または前記増幅光導波路の入力側端面のうち少なくとも一方は、中心部において $50\ \mu\text{m}$ 以下の深さを有する凹状の表面形状を有することを特徴とする請求項1～8のいずれか一つに記載の光源。
- [10] 前記出力光導波路は偏波保持型光ファイバであることを特徴とする請求項1～9のいずれか一つに記載の光源。
- [11] 前記波長選択素子は、透過帯域の半値幅が $10\text{nm}$ 以下であって該透過帯域の中心波長における透過率が70%以上である誘電体多層膜フィルタまたはエタロンフィルタの少なくとも一方であることを特徴とする請求項1～10のいずれか一つに記載の光源。
- [12] 前記波長選択素子の透過帯域の半値幅は $3\text{nm}$ 以下であることを特徴とする請求項11に記載の光源。
- [13] 前記波長選択素子は、前記透過帯域の中心波長が所定の値になるように前記空間結合部の光軸に対する傾斜角度を調整して配置したことを特徴とする請求項1～12のいずれか一つに記載の光源。
- [14] 前記レンズユニットは、球面レンズ、平凸レンズ、分布屈折率レンズ、グレーデッドインデックス型光ファイバ、または非球面レンズの少なくともいずれか一つからなることを特徴とする請求項1～13のいずれか一つに記載の光源。

- [15] 前記分布屈折率レンズは、光の入力側または出力側の端面の少なくとも一方に反射防止膜を形成したものであることを特徴とする請求項14に記載の光源。
- [16] 前記励起光導波路、前記増幅光導波路、および前記出力光導波路は、前記入力側反射手段または出力側反射手段が設けられていない端面のうち少なくとも一つが光軸と垂直な面に対して4度以上の角度を有することを特徴とする請求項1～15のいずれか一つに記載の光源。
- [17] 前記励起光導波路、前記増幅光導波路、および前記出力光導波路は、前記入力側反射手段または出力側反射手段が設けられていない端面うちの少なくとも一つに反射防止膜が形成されたことを特徴とする請求項1～15のいずれか一つに記載の光源。
- [18] 前記増幅光導波路は、出力側端面に前記励起レーザ光の波長の光を4%以上20%以下の反射率で反射する反射膜が形成されていることを特徴とする請求項1～17のいずれか一つに記載の光源。
- [19] 前記空間結合部は前記自然放出光のうち所定の偏光の光のみを透過する偏光子を有することを特徴とする請求項1～18のいずれか一つに記載の光源。
- [20] 前記励起光導波路、前記増幅光導波路、前記空間結合部、前記出力光導波路のうち少なくとも前記励起光導波路と前記増幅光導波路との一方の端部はそれぞれ円筒状のフェルールに該励起光導波路または増幅光導波路の端面と該フェルールの端面とが同一面上になるように収納されており、前記フェルールの外径と同じ直径の貫通孔を有するスリーブの両端から前記フェルールを挿入して該フェルールの端面同士を接合することにより前記励起光導波路と前記増幅光導波路とが接続することを特徴とする請求項1～19のいずれか一つに記載の光源。

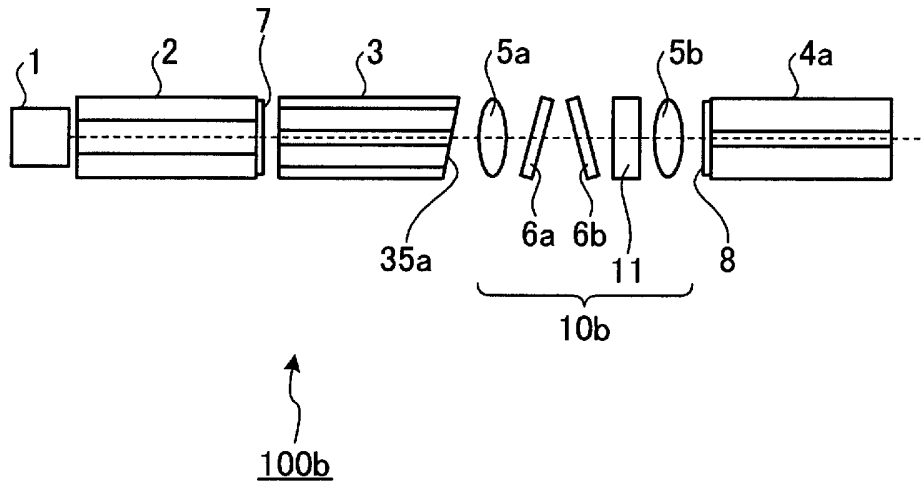
[図1]



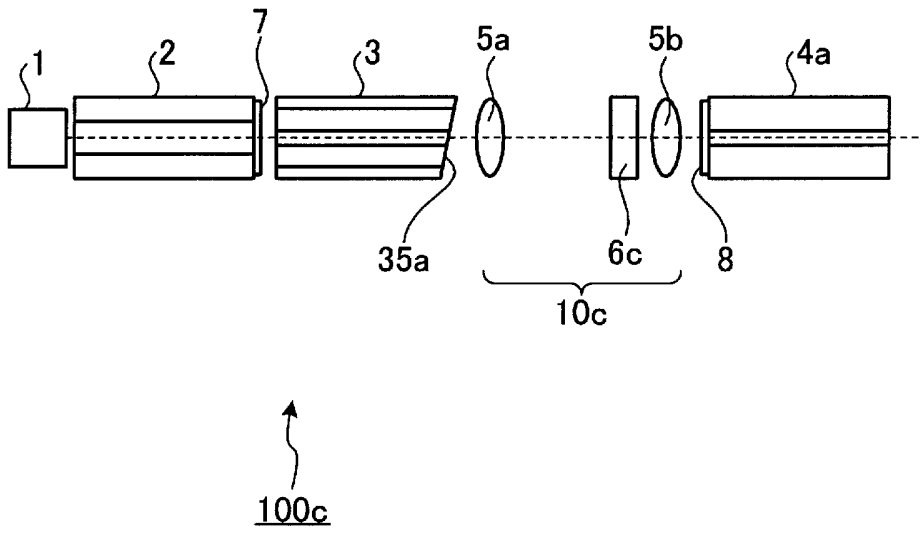
[図2]



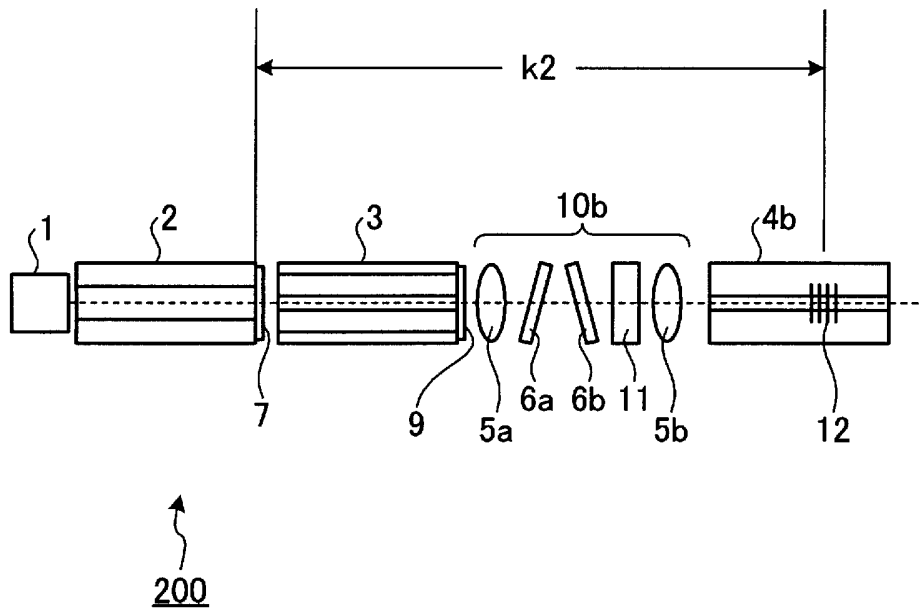
[図3]



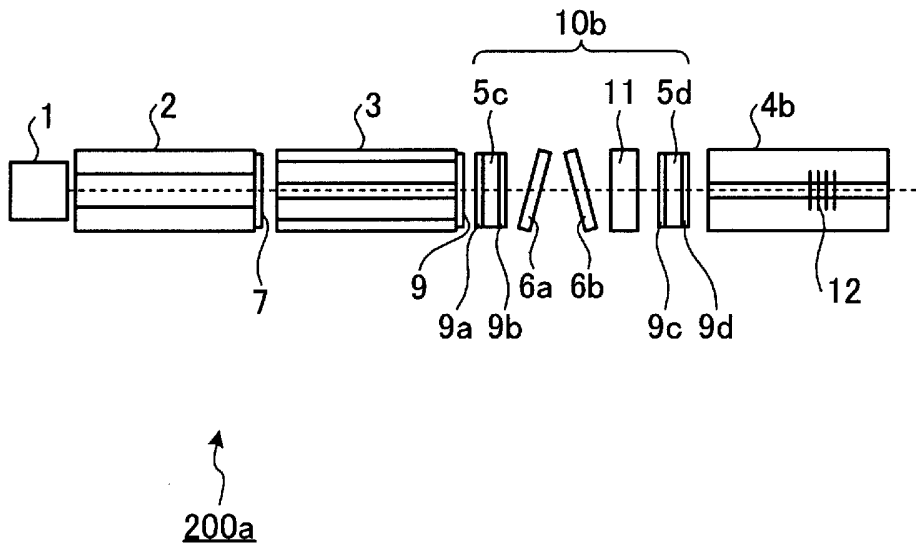
[図4]



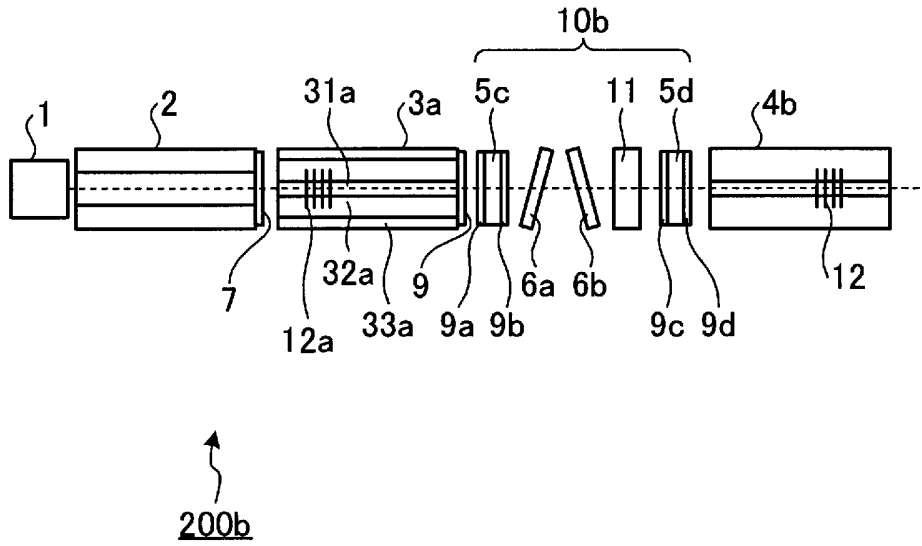
[図5]



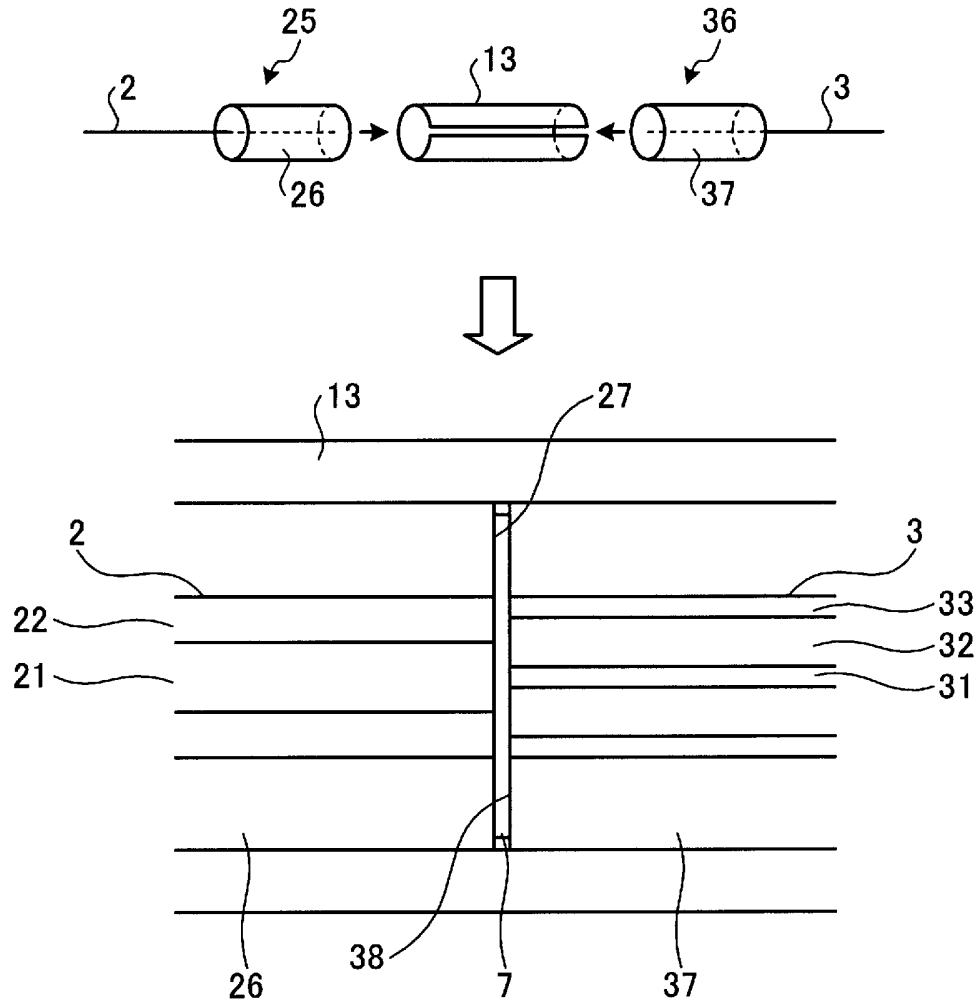
[図6]



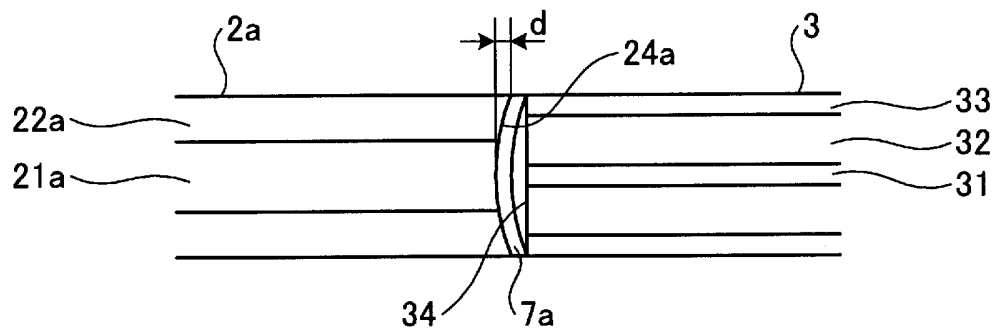
[図7]



[図8]



[図9]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2006/311448

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
*H01S3/06(2006.01) i, H01S3/094(2006.01) i, H01S3/137(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)  
*H01S3/06, H01S3/094, H01S3/137*

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

<i>Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1922-1996</i>	<i>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</i>	<i>1996-2006</i>
<i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1971-2006</i>	<i>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1994-2006</i>

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.
Y	JP 4-35985 A (Ando Electric Co., Ltd.), 11 December, 1992 (11.12.92), Full text; Fig. 1	1-20
Y	Par. No. [0013]; Fig. 1 (Family: none)	11-12
Y	JP 2005-12008 (Fujikura Ltd.), 13 January, 2005 (13.01.05), Full text; Fig. 1	1-20
Y	Par. Nos. [0011], [0018]; Fig. 1	5
Y	Par. Nos. [0021] to [0022]; Figs. 2 to 3	11
Y	Par. Nos. [0020] to [0022]; Figs. 1 to 3	13
Y	Par. No. [0015]; Fig. 1 (Family: none)	14

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 10 August, 2006 (10.08.06)	Date of mailing of the international search report 22 August, 2006 (22.08.06)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/311448

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-353838 A (KDD Kabushiki Kaisha), 19 December, 2000 (19.12.00), Par. Nos. [0015] to [0019]; Fig. 1	2
Y	Par. Nos. [0015] to [0019]; Fig. 1	3
Y	Par. Nos. [0015] to [0019]; Fig. 1 (Family: none)	4
Y	JP 2001-326404 A (Fujikura Ltd.), 22 November, 2001 (22.11.01), Par. No. [0013]; Fig. 2	2
Y	Par. No. [0006]	8
Y	Par. Nos. [0013] to [0014]; Fig. 2	10
Y	Par. No. [0013]; Fig. 2 (Family: none)	19
Y	JP 2-87587 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 28 March, 1990 (28.03.90), Page 5, lower right column, lines 12 to 17; Fig. 2	3
Y	Page 2, lower left column, lines 1 to 13; Fig. 4	4
Y	Page 1, right column, lines 7 to 14 (Family: none)	8
Y	JP 2005-79197 A (Fujikura Ltd.), 24 March, 2005 (24.03.05), Par. No. [0028]; Fig. 1	4
Y	Par. Nos. [0028], [0030] to [0031]; Fig. 1 (Family: none)	5
Y	JP 2002-270928 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 20 September, 2002 (20.09.02), Par. No. [0049]; Fig. 1 (Family: none)	6
Y	JP 2003-309309 A (Itaru WATANABE), 31 October, 2003 (31.10.03), Par. No. [0005]; Fig. 2 (Family: none)	6
Y	JP 10-190097 A (Ken'ichi UEDA, Hoya Corp.), 21 July, 1998 (21.07.98), Par. Nos. [0003] to [0005]; Fig. 6 & US 6052392 A & EP 840410 A2	7
Y	JP 2003-258732 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 12 September, 2003 (12.09.03), Par. No. [0038]	8
Y	Par. Nos. [0047], [0056]	10
Y	Par. No. [0045]; Fig. 1 (Family: none)	19

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/311448

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 7-311319 A (Toyo Communication Equipment Co., Ltd.), 28 November, 1995 (28.11.95), Par. No. [0006]; Fig. 7	9
Y	Par. Nos. [0011] to [0012]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	20
Y	JP 2002-141607 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 17 May, 2002 (17.05.02), Par. No. [0016] & US 2002/93998 A1 & CA 2360974 A	15
Y	JP 2002-141608 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 17 May, 2002 (17.05.02), Par. No. [0023] & US 2002/118715 A1 & CA 2360972 A	15
Y	JP 2003-283036 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 03 October, 2003 (03.10.03), Par. Nos. [0045], [0054]; Fig. 2 & US 2003/128728 A1	16
Y	JP 2001-230476 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 24 August, 2001 (24.08.01), Claims (Family: none)	17
Y	JP 8-213686 A (Mitsui Petrochemical Industries, Ltd.), 20 August, 1996 (20.08.96), Par. No. [0095]; Fig. 21 & US 5809048 A & EP 712183 A2 & CA 2162811 A	18

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H01S3/06(2006.01)i, H01S3/094(2006.01)i, H01S3/137(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 (IPC))  
 Int.Cl. H01S3/06, H01S3/094, H01S3/137

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	1971-2006年
日本国実用新案登録公報	1996-2006年
日本国登録実用新案公報	1994-2006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 請求の範囲の番号
Y	JP 4-359485 A (安藤電気株式会社) 1992.12.11 全文、第1図	1-20
Y	段落【0013】、第1図 (ファミリーなし)	11-12

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 10.08.2006	国際調査報告の発送日 22.08.2006
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 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) 前川 慎喜 電話番号 03-3581-1101 内線 3255	2K 8912
--	--	---------

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 請求の範囲の番号
	JP2005-12008 A (株式会社フジクラ) 2005. 1. 13	
Y	全文、第1図	1-20
Y	段落【0011】、【0018】、第1図	5
Y	段落【0021】 - 【0022】、第2-3図	11
Y	段落【0020】 - 【0022】、第1-3図	13
Y	段落【0015】、第1図 (ファミリーなし)	14
	JP2000-353838 A (ケイディディ株式会社) 2000. 12. 19	
Y	段落【0015】 - 【0019】、第1図	2
Y	段落【0015】 - 【0019】、第1図	3
Y	段落【0015】 - 【0019】、第1図 (ファミリーなし)	4
	JP2001-326404 A (株式会社フジクラ) 2001. 11. 22	
Y	段落【0013】、第2図	2
Y	段落【0006】	8
Y	段落【0013】 - 【0014】、第2図	10
Y	段落【0013】、第2図 (ファミリーなし)	19
	JP 2-87587 A (日本電信電話株式会社) 1990. 3. 28	
Y	第5頁右下欄12-17行、第2図	3
Y	第2頁左下欄1-13行、第4図	4
Y	第1頁右欄7-14行 (ファミリーなし)	8
	JP2005-79197 A (株式会社フジクラ) 2005. 3. 24、	
Y	段落【0028】、第1図	4
Y	段落【0028】、【0030】 - 【0031】、第1図 (ファミリーなし)	5
Y	JP2002-270928 A (三菱電線工業株式会社) 2002. 9. 20、段落【0049】、第1図 (ファミリーなし)	6

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 請求の範囲の番号
Y	J P 2003-309309 A (渡邊 之) 2003. 10. 31、段落【0005】、第2図 (ファミリーなし)	6
Y	J P 10-190097 A (植田憲一、ホーヤ株式会社) 1998. 7. 21、段落【0003】 - 【0005】、第6図 & US 6052392 A & EP 840410 A2  J P 2003-258732 A (三菱電線工業株式会社) 2003. 9. 12	7
Y	段落【0038】	8
Y	段落【0047】、【0056】	10
Y	段落【0045】、第1図 (ファミリーなし)	19
	J P 7-311319 A (東洋通信機株式会社) 1995. 11. 28	
Y	段落【0006】、第7図	9
Y	段落【0011】 - 【0012】、第1-3図 (ファミリーなし)	20
Y	J P 2002-141607 A (古河電気工業株式会社) 2002. 5. 17、段落【0016】 & US 2002/93998 A1 & CA 2360974 A	15
Y	J P 2002-141608 A (古河電気工業株式会社) 2002. 5. 17、段落【0023】 & US 2002/118715 A1 & CA 2360972 A	15
Y	J P 2003-283036 A (古河電気工業株式会社) 2003. 10. 3、段落【0045】、【0054】、第2図 & US 2003/128728 A1	16
Y	J P 2001-230476 A (古河電気工業株式会社) 2001. 8. 24、【特許請求の範囲】 (ファミリーなし)	17

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 請求の範囲の番号
Y	JP 8-213686 A (三井石油化学工業株式会社) 1996. 8. 20、段落【0095】、第21図 & US 5809048 A & EP 712183 A2 & CA 2162811 A	18