

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 11 月 25 日 (25.11.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/102752 A1

(51) 国際特許分類: H01S 3/105

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/006010

(22) 国際出願日: 2003 年 5 月 14 日 (14.05.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 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): 今城 正雄 (IMAKI, Masao) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 平野 嘉仁 (HIRANO, Yoshihito) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番

3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 小矢田 康晴 (KOYATA, Yasuharu) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 寺本 浩平 (TERAMOTO, Kouhei) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 渋谷 重教 (SHIBUE, Shigenori) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 曾我 道照, 外 (SOGA, Michiteru et al.); 〒100-0005 東京都千代田区丸の内三丁目 1 番 1 号 国際ビルディング 8 階 曾我特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, JP, US.

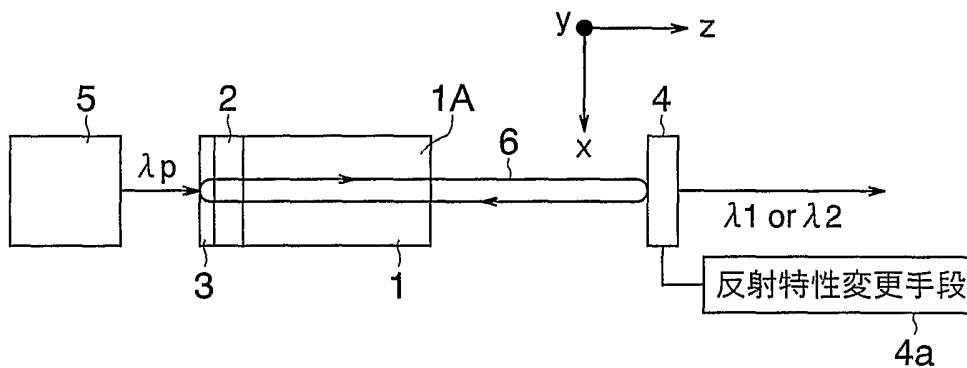
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: SOLID LASER DEVICE

(54) 発明の名称: 固体レーザー装置



4a...REFLECTION CHARACTERISTIC CHANGING MEANS

(57) **Abstract:** A solid laser device comprises a first solid laser medium (1) disposed coaxially and emitting fluorescence of a first wavelength when pumped, a second solid laser medium (2) pumped by the emitted fluorescence of the first wavelength and emitting light of a second wavelength, two reflective means (3, 4) arranged coaxially with the solid laser media on both sides of the solid laser media and adapted to cause resonance of light components included in the fluorescence and produced along the axis, and a pumping light source (5) for pumping one of the solid laser media. The reflective means (4) has predetermined reflectances to two wavelengths. Two laser beams of different wavelengths can be individually or simultaneously outputted by means of one resonator and one pumping light source.

(57) **要約:** 同軸上に配置され励起により蛍光を発光する第 1 波長を発光する第 1 固体レーザー媒質 1 とこれにより発光した第 1 波長により励起され第 2 波長を発光する第 2 固体レーザー媒質 2 と、これらの固体レーザー媒質と同軸上でこれらの固体レーザー媒質の両外側に配置され蛍光のうち軸方向に発生した光成分を共振させる 2 つの反射手段 3, 4 と、固体レーザー媒質の 1 つを励起する励起光源 5 と、を備え、一方の反射手段 4 が 2 波長に対してそれぞれ所定の反射率を有し、1 つの共振器及び 1 つの励起光源で 2 種類の異なる波長のレーザー光を個別または同時に出力する。

WO 2004/102752 A1



---

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。

## 明 細 書

### 固体レーザー装置

#### 技術分野

この発明は、例えばプロジェクタ用光源としてディスプレイ装置に適用する固体レーザー装置に関するものである。

#### 背景技術

一般にLD(レーザーダイオード)励起固体レーザーでは、2枚の反射板で形成される共振器内にレーザー媒質を配置し、励起光をレーザー媒質に入力することによってレーザー媒質の利得特性と反射板の反射特性で決まる波長が共振する。そしてレーザー媒質の利得が共振器内の損失を上回ったときに光は増幅され、外部に出力として取り出すことができるが、この時のレーザー光波長は単一波長である(Walter Koechner 著、「Solid-State Laser Engineering 第4版」、Springer Series in Optical Sciences、Vol. 1、pp. 136、1995年ドイツSpringer社発行参照)。

このように従来用いられてきた固体レーザー装置は一つの共振器と一つの励起光源で得られるレーザー波長は単一であり、複数の波長を得るためには装置を複数個用意する必要があった。そのため、装置の大型化、且つ高コスト化につながる問題があった。

この発明は一つの共振器および一つの励起光源という構成で、2種類の異なる波長を個別または同時に出力する固体レーザー装置を提供することを目的とする。

#### 発明の開示

上記の目的に鑑み、この発明は、同軸上に配置され、励起により蛍光を発光する1つまたは複数の固体レーザー媒質と、上記固体レーザー媒質と同軸上で、かつ上記固体レーザー媒質の両外側に配置され、上記蛍光のうち軸方向に発生した光成分を共振させる第1および第2の反射手段と、上記固体レーザー媒質の1つを励起す

る励起光源と、を備え、上記第 2 の反射手段は、少なくとも 1 つの波長に対してそれぞれ所定の反射率を有することを特徴とする固体レーザ装置からなる。

### 図面の簡単な説明

図 1 はこの発明の実施の形態 1 による固体レーザ装置を示す構成図、

図 2 はこの発明の実施の形態 1 による  $\lambda 1$  モードにおける第 2 の反射手段の反射特性を示す図、

図 3 はこの発明の実施の形態 1 による  $\lambda 2$  モードにおける第 2 の反射手段の反射特性を示す図、

図 4 はこの発明の実施の形態 1 による固体レーザ装置の応用例を示す構成図、

図 5 はこの発明の実施の形態 2 による固体レーザ装置を示す構成図、

図 6 はこの発明の実施の形態 2 による波長選択手段の波長特性を示す図、

図 7 はこの発明の実施の形態 3 による固体レーザ装置を示す構成図、

図 8 はこの発明の実施の形態 4 による固体レーザ装置を示す構成図、

図 9 はこの発明の実施の形態 4 による反射手段の反射特性を示す図、

図 10 はこの発明の実施の形態 4 による固体レーザ装置の応用例を示す構成図、

図 11 は図 10 の反射手段の反射特性を示す図である。

### 発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して本発明の各実施の形態を説明する。

実施の形態 1.

図 1 はこの発明の実施の形態 1 による固体レーザ装置を示す構成図である。本実施の形態による固体レーザ装置は基本的には一つの共振器および一つの励起光源という構成で、2 種類の異なる波長( $\lambda 1$  および  $\lambda 2$ )を個別または同時に出力する。

同図において、第 1 のレーザ媒質 1、第 2 のレーザ媒質 2 は互いにレーザ媒質軸方向が平行で同一軸上に配置されている。第 1 の反射手段 3、第 2 の反射手段 4 は第 1 および第 2 のレーザ媒質 1、2 の両端に軸上に配置され、第 1 および第 2 のレーザ媒質軸方向に対して入射面は垂直に形成されている。第 1 の反射手段

3と第2の反射手段4で共振器が構成されている。以後、上記の部材で構成される軸を共振器軸と呼ぶ。なお、この共振器軸方向を空間座標におけるz軸方向(紙面に向かって左方向が正)と定め、空間における上方向(紙面に垂直で、手前に向かう方向)をy軸方向と定め、z軸およびy軸に直行し、紙面の下に向かう方向をx軸と定め、それに基づいて以下、説明を行う。

励起光源5は第1の反射手段3側の共振器外部に設置され第1のレーザ媒質1を発振波長 $\lambda_p$ で励起する。共振光6は共振器内を周回する。出力光7は共振器からの出力光である。第1のレーザ媒質1は $\lambda_p$ 付近で吸収ピークを、 $\lambda_1$ 付近に利得ピークを持つ。また第2の反射手段4に対向する面1Aには励起光波長 $\lambda_p$ に対して全反射する膜が施されている。また第2のレーザ媒質2は $\lambda_1$ 付近で吸収ピークを、 $\lambda_2$ 付近に利得ピークを持ち、かつ $\lambda_p$ 付近では透明である。第1の反射手段3は波長 $\lambda_p$ に対して全て透過し(反射率0%)、 $\lambda_1$ および $\lambda_2$ に対して100%反射する。なお、第1の反射手段3は第2のレーザ媒質2との隣接する面に膜として施されていてもよい。この場合でも同様の効果を示し、別途第1の反射手段3を独立して配置する必要がなくなる。

第2の反射手段4は外部制御により反射特性が変化する2段階のスイッチング機構(反射特性変更手段4a)を有している。図2および図3に各状態での反射特性と各レーザ媒質の利得ピークとの関係を示す。図2は後述する $\lambda_1$ モードに関するもので、GP1が第1のレーザ媒質1の利得ピーク、RE1が第2の反射手段2での反射特性、図3は後述する $\lambda_2$ モードに関するもので、GP2が第2のレーザ媒質2の利得ピーク、RE2が第2の反射手段2での反射特性を示す。図2に示す1つ目の状態では波長 $\lambda_1$ 付近で反射率R11の反射ピークをもち、 $\lambda_2$ 付近では比較的低い反射率R21を形成する(以下、この状態は $\lambda_1$ モードと呼ぶ)。図3に示す他方の状態では波長 $\lambda_2$ 付近で反射率R22反射ピークをもち、 $\lambda_1$ 付近では比較的低い反射率R12を形成する(以下、この状態は $\lambda_2$ モードと呼ぶ)。スイッチング機構の詳細な説明は後述の実施の形態にて説明するが、例えば反射手段をエタロンとしこれを傾ける、電圧を与える、温度を変える等により波長特性を切り換える手段からなる。これらの機能を含むものとして反射特性変更手段4aを備える。

次に動作について説明する。まず $\lambda_1$ モードの動作から説明する。このモードは波長 $\lambda_1$ のみ発振して、 $\lambda_2$ の発振は抑制されている。第1の反射手段3から共振器内に励起光が入力され、第2のレーザ媒質2を通過した後に第1のレーザ媒質1に入射される。第1のレーザ媒質1内を伝播中、励起光は吸収されていき、面1Aで反射された後、再度逆方向に伝播しながら全て第1のレーザ媒質1に吸収される。一方、利得波長である $\lambda_1$ は励起光強度に比例する利得係数 $g_1$  [1/m]で第1のレーザ媒質1で増幅されるが、第2の反射手段4での反射率 $R_{11}$ およびこれを除く共振器内でのロス(吸収) $\alpha_2$ (第2のレーザ媒質2による吸収や、他の光学部品の吸収)により周回中にロスが発生し、発振条件は以下の(1)式で表される。

$$2 g_1 L_1 = 2 \alpha_2 - \ln R_{11} \quad (1)$$

右辺は利得分、左辺はロス分を示す。 $L_1$ は第1のレーザ媒質1の長さ[m]、係数2は往復分を求めている。この条件を満たすとき(共振条件)、共振器内の波長 $\lambda_1$ をもつ光は増幅されて発振に至る。この時、波長 $\lambda_2$ に対しても同様に利得とロスの関係を導くことができ、 $\lambda_1$ モードでは $\lambda_2$ の発振を抑制したいので、以下の条件式である(2)式が成り立つ。

$$2 g_2 L_2 < 2 \alpha_1 - \ln R_{21} \quad (2)$$

ここで、 $g_2$ は第2のレーザ媒質2で生じる利得係数、 $L_2$ は第2のレーザ媒質2の長さ[m]、 $\alpha_1$ は $R_{21}$ 以外の第1のレーザ媒質1および他の光学部品で生じる $\lambda_2$ に対する共振器内でのロス(吸収)である。上記の(1)および(2)式の条件を満たす $R_{11}$ および $R_{21}$ を選ぶことにより(図1参照)、 $\lambda_2$ の発振は抑えつつ $\lambda_1$ を発振させることができる。発振した $\lambda_1$ 波長をもつ発振光は第2の反射手段4から取り出される。

次に $\lambda_2$ モードの動作について説明する。このモードは波長 $\lambda_2$ のみ発振して、 $\lambda_1$ の発振は抑制されている動作となる。励起光が第1のレーザ媒質1に吸収されるまでは $\lambda_1$ モードと全く等しい動作をする。励起された第1のレーザ媒質1は $\lambda_1$ の利得を増加させて共振器内部のパワーを増加させていく。一方、第2のレーザ媒質2では波長 $\lambda_1$ の共振光を吸収することによって波長 $\lambda_2$ を発光する。波長 $\lambda_2$ の光は第2のレーザ媒質2で誘導放出を繰り返し、共振器内で増幅され

ていく。従って $\lambda_2$ の発振条件は以下の(3)式で表される。

$$2 g_2 L_2 = 2 \alpha_1 - \ln R_{22} \quad (3)$$

$\lambda_1$ に対しては、発振条件は満たさないで以下の(4)式の条件式があげられる。

$$2 g_1 L_1 < 2 \alpha_2 - \ln R_{12} \quad (4)$$

ただし第2のレーザ媒質2を励起するために $\lambda_1$ の共振器内部パワーは高くする必要がある。上記の2つの式を満たすような $R_{22}$ および $R_{12}$ を選ぶことにより $\lambda_1$ の発振を抑え、且つ $\lambda_2$ を発振させることができる。発振光 $\lambda_2$ は前述の $\lambda_1$ モード時の発振光 $\lambda_1$ と同じく第2の反射手段4から出力される。

なお、(4)式の代わりに以下の(5)式と上記の(3)式の条件式をともに満たすような $R_{22}$ および $R_{12}$ を選択することにより、 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ は同時に発振する。従って、 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ を同時に取り出したい場合は、この条件により達成される。

$$2 g_1 L_1 = 2 \alpha_2 - \ln R_{12} \quad (5)$$

以上のように、この実施の形態1によれば、上記第1のレーザ媒質1、第2のレーザ媒質2、第1の反射手段3、第2の反射手段4を同一軸上に配置し、第1のレーザ媒質を励起してその利得波長を第2のレーザ媒質によって吸収させれば第2の波長も増幅させることができ、且つ第2の反射手段4を上記のような2段階の反射特性にスイッチングすることで、一つの共振器および一つの励起光源にて2種類の波長を発振可能な構成となる。

また、第1のレーザ媒質1では $\lambda_1$ モードおよび $\lambda_2$ モードともに波長 $\lambda_1$ の光に関して発振状態もしくは発振状態に近い条件で維持されているため、第1のレーザ媒質1の発熱量がほぼ一定に保たれる。従って第1のレーザ媒質1の熱レンズ値が一定に保たれ、共振器安定領域も2波長スイッチング時に変化しない。

また、上記の(3)および(5)式を同時に満たす第2の反射手段の反射率を有することで、2種類の波長を同時に出力することができる。

なお、第1のレーザ媒質1および第2のレーザ媒質2の材料として、例えばそれぞれNd:YAG結晶(Nd(ネオジウム)原子添加のY(イットリウム)系素材)、Yb:YAG結晶(Yb(イッテルビウム)原子添加のY(イットリウム)系素材)があげられる(第1の固体レーザ媒質がNd:YAG( $Y_3Al_5O_{12}$ )結晶、第2の固体レーザ媒質がYb:YAG結晶等でもよい)。Nd:YAG結晶は波長80

0 nm付近で吸収ピークを、また946 nmに利得ピークを持つ。Yb:YAG結晶は940 nm付近で吸収ピークを、1030 nmに利得ピークを持つ。従って、800 nm付近の励起光源を用いることで、 $\lambda_1$ が946 nm、 $\lambda_2$ が1030 nmに相当する2波長発振が可能となる。更に、880 nmの励起光として用いると、800 nm付近の励起光より $\lambda_p/\lambda_1$ で示される量子効率が高くなるため、第1のレーザ媒質1の発熱が少なくなり、より安定になる。

また、共振器内部に共振光の偏光を規定するための後述する実施の形態と同様な偏光子8(図5参照)を新たに配置してもよい。配置場所は任意に決めることができ、効果は変わらない。偏光子を配置することによって出力する発振光の偏光を直線偏光に形成することができる。更にこの偏光子を共振軸に対して入射面が垂直から傾けて設置してもよい。その場合は偏光子からの反射光が共振器軸に再び進入しないため、より安定な発振が得られる。

また、第2のレーザ媒質2を用いずに2波長発振する構成も可能である。この場合、図1において第2のレーザ媒質2を取り外した構成になる。第1のレーザ媒質1が複数の利得ピークをもつか、広い利得帯域をもつ場合、 $\lambda_1$ または $\lambda_2$ をその利得内で任意に選び、その際に上記の式を満たす反射率を有する第2の反射手段4で構成する。この時、 $\lambda_p$ で励起することによって $\lambda_1$ および $\lambda_2$ ともに利得を持ち始めるので、上記の反射特性のスイッチングにより2波長発振が可能となる。例えば第1のレーザ媒質1の材料としてNd:YAG結晶( $Y_3Al_5O_{12}$ 結晶)を選択し、励起波長 $\lambda_p$ が800 nm、 $\lambda_1$ を946 nm、 $\lambda_2$ を1064 nmに設定することで、上記の2波長発振が可能となる。ただし、 $\lambda_1$ もしくは $\lambda_2$ のどちらかが先に発振を始めるともう一方の波長における利得は減少するために2波長同時発振は起らない。

また、上記のレーザ媒質の例として、Nd:YAG結晶とYb:YAG結晶の組み合わせをあげたが、他のNdやYbを添加したレーザ媒質等において上記の条件式を満たす媒質であれば同様の効果を示す。

また、この実施の形態1に係わる第2高調波2波長発振固体レーザ装置について説明する。図2はその第2高調波2波長発振固体レーザ装置を示す構成図である。この実施の形態1の固体レーザ装置の出力光を用い、これを波長変換素子

(波長変換手段)70で波長変換することによって第2高調波を得る構成となっている。共振器からの出力光 $\lambda_1$ または $\lambda_2$ を波長変換素子70に通過させることにより、 $(\lambda_1)/2$ または $(\lambda_2)/2$ の波長が得られる。波長変換素子70は、例えば2種類の波長に対して同時に位相整合条件を満たす擬似位相整合材料を用いる。この材料を用いることにより2種類の波長( $\lambda_1$ および $\lambda_2$ )に対して同時に第2高調波を出力することができる。具体的な上記の材料としてP P K T P (Periodically Poled KTiOPO<sub>4</sub>)、P P L N (Periodically Poled LiNbO<sub>3</sub>)、M g O 添加P P L Nがあげられる。通常、非線形材料では高出力の入力光に対して損傷を受けることがあるが、P P L Nは温度を上げることにより高出力の入力光に適用できる。更にM g O 添加P P L Nでは温度を上げずとも室温の状態でも高出力の入力光に適用できる。上記のように第1のレーザ媒質1にN d : Y A G 結晶、第2のレーザ媒質2にY b : Y A G 結晶を用いた場合、共振器から得られる波長は946nmと1030nmである。従って、波長変換素子70によって得られる波長はそれぞれ473nmと515nmとなり、青色と緑色のレーザ光が得られることになる。以上のように、第1のレーザ媒質1にN d : Y A G 結晶、第2のレーザ媒質2にY b : Y A G 結晶を用い、共振器の出力光に波長変換素子70を適用することによって、単一の共振器と単一の励起光源を用いても青色と緑色の2種類のレーザ光を任意に得ることができる。

なお、第1のレーザ媒質1にN d : Y A G 結晶、第2のレーザ媒質2にY b : Y A G 結晶を用いたが、他のレーザ媒質でも第2高調波が青色および緑色となる組み合わせであれば適用可能であり、同様の効果が得られる。

## 実施の形態2.

本実施の形態による固体レーザ装置は、一つの共振器および一つの励起光源という構成で2種類の異なる波長( $\lambda_1$ および $\lambda_2$ )を個別に出力する。その2波長をスイッチングする手段として波長フィルタ(波長選択手段)を用い、各波長に対する出力結合量を制御している。

図5はこの発明の実施の形態2による固体レーザ装置を示す構成図である。なお、この実施の形態2の構成要素のうち実施の形態1の固体レーザ装置の構成要素と共通するものについては同一符号を付し、その部分の説明を省略する。

図5において、共振器内には波長選択手段7が配置されている。波長選択手段7は偏光子(偏光選択手段)8と偏光回転手段9とで構成されており、偏光子8はy軸を回転中心としてz軸に対して入射面が垂直より傾いて配置されており、且つxz平面に平行な方向に振動する偏光成分(p偏光)は透過し、直交する成分(s偏光)は反射する特性をもつ。偏光回転手段9は、入射したレーザ光の偏光状態を変換する手段である。例えば材料に一軸性の複屈折結晶が用いられ、光学軸方向がxz平面に対して45°傾いて形成されている。1軸性の複屈折結晶(変更回転手段9)は軸方位によって屈折率が異なるため、入射レーザ光の偏光成分は軸に沿って2種類のそれぞれ異なる位相速度で結晶内を伝播する。結晶を通過した後のレーザ光は軸方向の屈折率差とレーザ光伝播方向の結晶厚みと波長λに応じて偏光が変化する。例えば、結晶通過後に各偏光成分の位相が波長長さの1/4だけ変化した場合は円偏光になり、波長長さの1/2だけ変化した場合は偏光角度が90°回転する。一般にそれぞれの場合の上記の複屈折結晶は1/4波長板、1/2波長板と呼ばれる。この出力光を偏光子8に通すことにより一方向の偏光成分のみ通過させて、それに垂直な偏光成分は反射させるが、上記の通り偏光状態は波長に依存するため、偏光子8の透過成分は波長に依存する。この波長依存性は図6に相当する。第3の反射手段10(全反射手段)は第2の反射手段4と同じ配置をとり、第1の反射手段3と同じ特性をもつ。

次に動作について説明する。励起光が第1のレーザ媒質1に吸収されるまでは実施の形態1と等しい動作を行う。第3の反射手段10は第1の反射手段3と同じ反射特性を有しているので、もし波長選択手段7がなかった場合は波長λ1およびλ2は第1および第3の反射手段で全反射となり、共振器外部には出力されない。本実施の形態では波長選択手段7により共振器内で増幅されたレーザ光の一部を外部に取り出す。つぎに波長選択手段7の動作について詳しく説明する。

共振器内を周回する共振光6は偏光子8で透過するためにp偏光に規定される。ただし偏光回転手段9で一部偏光が回転し、s偏光成分が発生して偏光子8で共振器外部に取り出される。偏光子8にz軸負方向から入射する光強度を1とすると、波長選択手段7によって取り出される光強度は以下の(6)式で表される。

$$P_t = \sin^2(\delta/2)$$

$$: \delta = (2 \pi \Delta n \cdot L_g) / \lambda \quad (6)$$

ここで、 $\Delta n$ は複屈折量、 $L_g$ は偏光回転手段9のz軸方向の厚み、 $\lambda$ は波長である。この取り出される光強度の割合は出力結合量と呼ばれる。図6に(6)式を計算した典型的な波長に対する出力結合量を示す。図6のように出力結合量は波長によって周期的に変動する。その周期(FSR:自由スペクトル領域)は(ハット)  $\lambda^2 / (\Delta n \cdot L)$ で表される。(6)式より、 $\Delta n$ または $L$ (ここでは $L_g$ )を変化させることで波長に対する出力結合量を調節することができる。そこで、 $\lambda_1$ モードでの $\lambda_1$ および $\lambda_2$ での出力結合量をそれぞれ $T_{11}$ 、 $T_{21}$ とし、 $\lambda_2$ モードでの $\lambda_1$ および $\lambda_2$ での出力結合量をそれぞれ $T_{12}$ 、 $T_{22}$ とすると、 $\lambda_1$ のみを発振させる $\lambda_1$ モード時に発振に必要な出力結合条件は以下の(7)および(8)式で表される。

$$2 g_1 L_1 = 2 \alpha_2 - \ln(1 - T_{11}) \quad (7)$$

$$2 g_2 L_2 < 2 \alpha_1 - \ln(1 - T_{21}) \quad (8)$$

また、 $\lambda_2$ モード時の発振条件は以下の(9)および(10)式で表される。

$$2 g_2 L_2 = 2 \alpha_1 - \ln(1 - T_{22}) \quad (9)$$

$$2 g_1 L_2 < 2 \alpha_2 - \ln(1 - T_{12}) \quad (10)$$

$\lambda_1$ モードと $\lambda_2$ モードとのスイッチングには $\Delta n$ かもしくは $L$ を変更すればよく、例えば偏光回転手段9をz軸(共振器軸)に対して傾けていくことによって、実効的に $L$ を長くすることができる。また、 $\text{LiNbO}_3$ 結晶や $\text{LiTaO}_3$ 結晶等の電気光学効果を用いて $\Delta n$ を電氣的に変化させてもよい。さらに、温度によって屈折率が変化することを利用し、 $\Delta n$ を変化させてもよい。これらの手法によりスイッチングを行う機能として反射特性変更手段9aを備えている。

なお、第1のレーザ媒質1および第2のレーザ媒質2の材料については上記実施の形態と同様である。

また、第2のレーザ媒質2を用いずに2波長発振する構成も可能である。第1のレーザ媒質1が複数の利得ピークをもつか、広い利得帯域をもつ場合、 $\lambda_1$ または $\lambda_2$ をその利得内で任意に選び、その際で上記の式を満たす出力結合特性を有する波長選択手段7で構成する。この時、 $\lambda_p$ で励起することによって $\lambda_1$ および $\lambda_2$ ともに利得を持ち始めるので、上記の出力結合特性のスイッチングによ

り2波長発振が可能となる。例えば第1のレーザ媒質1の材料としてNd:YAG結晶を選択し、励起波長 $\lambda_p$ が800nm、 $\lambda_1$ を946nm、 $\lambda_2$ を1064nmに設定することで、上記の2波長発振が可能となる。ただし、 $\lambda_1$ もしくは $\lambda_2$ のどちらかが先に発振を始めるともう一方の波長における利得は減少するために2波長同時発振は起こらない。

また、上記のレーザ媒質の例として、Nd:YAG結晶とYb:YAG結晶以外の組み合わせをあげたが、他のNdやYbを添加したレーザ媒質等において上記の条件式を満たす媒質であれば同様の効果を示す。

また、前記実施の形態1での記述と同様に、本実施の形態の構成により得られるレーザ出力(図5の偏光子8の外部への出力)に図4に示すのと同様な波長変換素子70(図5には図示省略)を備えることにより、第2高調波2波長出力が得られる。詳細については前記実施の形態と基本的に同様であり、これにより青色と緑色のレーザ光が得られることになる。

### 実施の形態3.

本実施の形態による固体レーザ装置は一つの共振器および一つの励起光源という構成で、2種類の異なる波長( $\lambda_1$ および $\lambda_2$ )を個別または同時に出力する。波長分離手段を用いて、 $\lambda_1$ のみを発振させる反射手段と $\lambda_2$ のみを発振させる反射手段を個別に用いることにより、一つの励起光源で2波長をそれぞれ出力する構成を成す。

図7はこの発明の実施の形態3による固体レーザ装置を示す構成図である。なお、この実施の形態3の構成要素のうち実施の形態1および実施の形態2の固体レーザ装置の構成要素と共通するものについては同一符号を付し、その部分の説明を省略する。

図7において、第4の反射手段11は第2の反射手段4および第3の反射手段10と同じ配置をとる。第4の反射特性11の反射特性は波長 $\lambda_1$ のみを発振させる条件を満たしており、上記の実施の形態1記載の(1)式の条件式を満たす反射率 $R_{11}$ を有している。波長分離手段12は波長 $\lambda_1$ の光に対しては透過し、波長 $\lambda_2$ の光に対しては反射する特性を有し、共振器軸上にy軸を回転中心として傾いて配置されている。第5の反射手段13は波長分離手段12の反射光軸に

対して入射面が垂直に配置されている。第5の反射特性13の反射特性は $\lambda_2$ のみを発振させる条件を満たしており、上記の実施の形態1記載の(3)式の条件式をみたす反射率 $R_{22}$ を有している。なお、第4の反射特性11および第5の反射手段13が第1および第2の分離反射手段を構成する。また、反射特性を切り換えるために波長分離手段12を回転させる反射特性変更手段12aが設けられている。

次に動作について説明する。励起光が第1のレーザ媒質1に吸収されるまでは実施の形態1と等しい動作を行う。波長 $\lambda_1$ の光は波長分離手段12を透過するために光路11Aを通る光路が選択される。従って第4の反射手段11と第1の反射手段3との間で共振し、第1のレーザ媒質1によって増幅される。第4の反射手段11では先に示すように $\lambda_1$ の発振条件をみたす反射特性を有しているので、 $\lambda_1$ のレーザ光が外部に出力される。波長 $\lambda_2$ の光は波長分離手段12を反射するために光路13Aを通る光路が選択される。従って第5の反射手段13と第1の反射手段3との間で共振し、波長 $\lambda_1$ の光を吸収した第2のレーザ媒質2で増幅される。第5の反射手段13では先に示すように $\lambda_2$ の発振条件をみたす反射特性を有しているので、 $\lambda_2$ のレーザ光が外部に出力される。

なお、第1のレーザ媒質1および第2のレーザ媒質2の材料については上記実施の形態と同様であり、Nd:YAG結晶とYb:YAG結晶の組み合わせだけでなく、他のNdやYbを添加したレーザ媒質等において上記の条件式を満たす媒質であれば同様の効果を示す。また共振器内部に共振光の偏光を規定するための偏光子8(図5参照)を新たに配置することについても上記実施の形態と同様に可能である。

また、前記実施の形態1での記述と同様に、本実施の形態の構成により得られるレーザ出力(図7の第4の反射特性11および第5の反射手段13の外部への出力)に図4に示すのと同様な波長変換素子70(図7には図示省略)をそれぞれ備えることにより、第2高調波2波長出力が得られる。詳細については前記実施の形態と基本的に同様であり、これにより青色と緑色のレーザ光が得られることになる。

実施の形態4.

本実施の形態による固体レーザ装置は、一つの共振器および一つの励起光源という構成で２種類の異なる波長( $\lambda_1$ および $\lambda_2$ )を個別または同時に出力する。共振器を成す反射手段の一つの反射特性を電氣的に切り替えることによって、 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ の波長スイッチングを行う。

図８はこの発明の実施の形態４による固体レーザ装置を示す構成図である。なお、この実施の形態４の構成要素のうち実施の形態１から実施の形態３の固体レーザ装置の構成要素と共通するものについては同一符号を付し、その部分の説明を省略する。

第６の反射手段１４は第１の反射手段３とで共振器を構成するようにｚ軸上に配置されており、入射面および出射面には $\lambda_1$ および $\lambda_2$ を反射する反射コーティングが施されている。従って、第６の反射手段１４はエタロン効果により透過・反射特性に波長依存性をもち、両面の反射率をＲとすると反射率は以下の(10)式で表される。

$$P_t = \{4 R \sin^2(2n\pi L/\lambda)\} / \{(1-R)^2 + 4 R \sin^2(2n\pi L/\lambda)\} \quad (11)$$

ここで $n$ は屈折率、 $L$ は光伝播方向の反射コーティング間の厚みである。この式から分かるように波長 $\lambda$ に対して反射・透過特性は周期的な変化をする。その周期 $FSR$ は以下の(12)式で表される。

$$\Delta\lambda = \lambda^2 / 2nL \quad (12)$$

従って、屈折率 $n$ もしくは厚み $L$ を変化させることにより反射特性を自由に設定することができる。材質は電気光学効果を有する結晶が用いられており、例えば $LN$ 結晶( $LiNbO_3$ 結晶)や $LT$ 結晶( $LiTaO_3$ 結晶)などが適用できる。電気光学効果は図８に示すような例えば交流電源からなる電界印加手段１７により外部から電場(電界)を印加することにより屈折率が変化する効果である。本実施の形態では電界を図８で示すような $x$ 軸方向に印加し、共振光も $x$ 軸方向に振動する偏光をもつように設定する。その時、第６の反射手段１４を通過する共振光が受ける屈折率変化 $\Delta n$ は(13)式で表される。

$$\Delta n = -(1/2)r n^3 E \quad (13)$$

ここで、 $r$ は電気光学定数、 $n$ は屈折率、 $E$ は電界である。従って、第６の反射手段１４に電気光学効果をもつ結晶を用いることで、電氣的(電界を印加するこ

とで)に屈折率、つまり反射特性を変化させることができる。図9に本実施の形態における第6の反射手段14の反射特性を示す。図9においてRE3(実線)が $\lambda_1$ モードでの第6の反射手段14の反射特性であり、RE4(破線)が $\lambda_2$ モードでの反射特性である。 $\lambda_1$ モードにおいて波長 $\lambda_1$ および $\lambda_2$ の反射率は(1)および(2)式の条件式を満たす。また $\lambda_2$ モードにおいて波長 $\lambda_1$ および $\lambda_2$ の反射率は(3)および(4)式の条件式を満たす。第6の反射手段14への電界をオン・オフすることにより、RE3とRE4のスイッチングを行う。またGB1、GB2がそれぞれ第1のレーザ媒質1および第2のレーザ媒質2の利得帯域である。

次に動作について説明する。励起光が第1のレーザ媒質1に吸収されるまでは実施の形態1と等しい動作を行う。 $\lambda_1$ モードでは、第6の反射手段14が図9のRE3のような上記の反射特性をもつために、波長 $\lambda_1$ の共振器内部パワーは増大し発振に至る。 $\lambda_2$ は(4)式の条件を満たすために発振は抑えられる。 $\lambda_2$ モードでは、第6の反射手段14が図9のRE4のような上記の反射特性をもつために、波長 $\lambda_2$ の共振器内部パワーは増大し発振に至る。 $\lambda_1$ も共振器内部パワーは増大するが、発振条件までには至らずに抑えられる。

なお、発振波長をより選択するために共振器内部に波長選択素子を新たに配置してもよい。図10に波長選択素子15を配置した構成図を示す。波長選択素子15は波長 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ の光のみ100%透過し、第1のレーザ媒質1および第2のレーザ媒質2の利得帯域付近にあるその他の波長は全て反射する波長特性を有している。また共振器軸(z軸)に対してy軸を回転中心として入射面と出射面が垂直より傾いて設置されているため、 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ 以外の反射された光が再び共振器軸上に進入して発振しないような構成となっている。また図11に図10のような構成をとった時の第6の反射手段14の反射特性RE5、RE6、各レーザ媒質の利得帯域GB1、GB2および波長選択素子15の透過特性Sを示す。 $\lambda_1$ モードにおいて、波長選択素子15がない場合は第1のレーザ媒質1の利得帯域内で最もロスが少ない波長で発振するが、波長選択素子15があるために波長 $\lambda_1$ 以外の波長は共振器内を周回せずに発振波長 $\lambda_1$ 規定される。同様に $\lambda_2$ モードにおいても発振波長 $\lambda_2$ に規定される。

以上のように、本実施の形態 4 によれば電気光学効果を有するエタロン材料を共振器の反射手段に用いたため、発振波長を 2 タイプ( $\lambda 1$  と  $\lambda 2$ ) にスイッチングすることができる。また、本構成によるスイッチングは電氣的に反射特性を変更する構成なので共振器の光軸ずれ等の問題は全く起きず、且つ高速のスイッチングが可能である。

また共振器内部に波長選択素子を配置したので、波長選択素子の透過特性に沿って発振波長を任意に、且つ厳密に設定することができる。

また、第 2 のレーザ媒質 2 を用いずに 2 波長発振する構成も可能である。第 1 のレーザ媒質 1 が複数の利得ピークをもつか、広い利得帯域をもつ場合、 $\lambda 1$  または  $\lambda 2$  をその利得内で任意に選び、その際で上記の式を満たす反射率を有する第 6 の反射手段 14 で構成する。詳細については前記実施の形態の場合と基本的に同様である。

また、第 1 のレーザ媒質 1 および第 2 のレーザ媒質 2 の材料についても上記実施の形態と同様である。また共振器内部に共振光の偏光を規定するための偏光子 8 (図 5 参照) を新たに配置することについても前記実施の形態と同様に可能である。

また、前記実施の形態 1 での記述と同様に、本実施の形態の構成により得られるレーザ出力(図 8、10 の第 6 の反射手段 14 の外部への出力)に図 4 に示すのと同様な波長変換素子 70 (図 8、10 には図示省略)をそれぞれ備えることにより、第 2 高調波 2 波長出力が得られる。詳細については前記実施の形態と基本的に同様であり、これにより青色と緑色のレーザ光が得られることになる。

#### 産業上の利用の可能性

この発明では一つの共振器および一つの励起光源という構成で 2 種類の異なる波長のレーザ光を個別または同時に出力する固体レーザ装置を提供することで、小型、低コスト化が図られ、さらにこれを波長変換することで青色、緑色のレーザが得られる。

## 請 求 の 範 囲

1. 同軸上に配置され、励起により蛍光を発光する1つまたは複数の固体レーザー媒質と、

上記固体レーザー媒質と同軸上で、かつ上記固体レーザー媒質の両外側に配置され、上記蛍光のうち軸方向に発生した光成分を共振させる第1および第2の反射手段と、

上記固体レーザー媒質の1つを励起する励起光源と、

を備え、上記第2の反射手段は、少なくとも1つの波長に対してそれぞれ所定の反射率を有することを特徴とする固体レーザー装置。

2. 上記第2の反射手段は、第1の波長に対して発振条件を満たすとともに第2の波長に対しては発振条件を満たさない第1の反射特性と、上記第2の波長に対して発振条件を満たすとともに上記第1の波長に対しては発振条件を満たさない第2の反射特性とを有し、かつ上記第1の反射特性と上記第2の反射特性とを任意にスイッチングする反射特性変更手段を有することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の固体レーザー装置。

3. 上記固体レーザー媒質は、上記励起光源によって励起され、第1の波長を発光する第1の固体レーザー媒質と、上記第1の固体レーザー媒質により発光した上記第1の波長により励起され、第2の波長を発光する第2の固体レーザー媒質を有することを特徴とする請求の範囲第1項または第2項に記載の固体レーザー装置。

4. 上記固体レーザー媒質は、上記励起光源によって励起され、第1の波長および第2の波長を発光する1つの固体レーザー媒質を有することを特徴とする請求の範囲第1項または第2項に記載の固体レーザー装置。

5. 上記第2の反射手段は、

上記固体レーザー媒質と同軸に配置され、上記第1の波長および第2の波長に対してそれぞれ任意に偏光を回転させる偏光回転手段と、

上記偏光回転手段と上記固体レーザー媒質との間に同軸上に配置され、所定の偏光成分は通過させるとともに上記所定の偏光とは垂直に振動する偏光成分は反射させる偏光選択手段と、

上記偏光回転手段と上記偏光選択手段との外側に同軸上に配置され、上記第 1 の波長および第 2 の波長に対して全て反射する全反射手段と、

を有したことを特徴とする請求の範囲第 2 項に記載の固体レーザー装置。

6. 上記偏光回転手段の軸方向の長さまたは屈折率を変更させる反射特性変更手段を有することを特徴とする請求の範囲第 5 項に記載の固体レーザー装置。

7. 上記偏光回転手段は上記固体レーザー媒質の軸と共振する光の偏光面とで形成される面と垂直な軸を中心として回転することを特徴とする請求の範囲第 5 項に記載の固体レーザー装置。

8. 上記反射特性変更手段が上記偏光回転手段の温度を変化させて屈折率を変更させることを特徴とする請求の範囲第 6 項に記載の固体レーザー装置。

9. 上記第 2 の反射手段は、

上記固体レーザー媒質と同軸上に配置され、第 1 の波長は透過するとともに第 2 の波長は反射する特性を有した波長分離手段と、

上記波長分離手段の外側に配置され、上記第 1 の波長に対して所定の反射率を有した第 1 の分離反射手段と、

上記波長分離手段から反射される上記第 2 の波長が通る光軸上に配置され、上記第 2 の波長に対して所定の反射率を有した第 2 の分離反射手段と、

を有することを特徴とする請求の範囲第 1 項または第 2 項に記載の固体レーザー装置。

10. 上記波長分離手段を回転させる反射特性変更手段を有することを特徴とする請求の範囲第 9 項記載の固体レーザー装置。

11. 上記第 2 の反射手段は、電気光学効果を有する材料から形成されており、かつ上記固体レーザー媒質の軸に垂直な 2 面に光を反射する光反射面が施されたエタロン結晶から成り、さらに上記エタロン結晶に電界を印加して反射特性を変更する電界印加手段を有し、有することを特徴とする請求の範囲第 1 項または第 2 項に記載の固体レーザー装置。

12. 上記第 2 の反射手段は、電界を印加しない場合は第 1 の波長に対して発振条件を満たすとともに第 2 の波長に対しては発振条件を満たさない第 1 の反射特性を有し、電界を印加した場合に上記第 2 の波長に対して発振条件を満たすと

ともに上記第1の波長に対しては発振条件を満たさない第2の反射特性を有することを特徴とする請求の範囲第11項に記載の固体レーザ装置。

13. 上記第2の反射手段は、電気光学効果を有する材料から形成されており、かつ上記固体レーザ媒質の軸に垂直な2面に光を反射する光反射面が施されたエタロン結晶から成り、さらに上記エタロン結晶に電界印加して反射特性を変更する電界印加手段を有し、

さらに上記第2の反射手段と上記固体レーザ媒質との間に同軸上に共振させる第1の波長および第2の波長を透過させる波長選択素子を配置したことを特徴とする請求の範囲第1項または第2項に記載の固体レーザ装置。

14. 上記第2の反射手段は、電界を印加しない場合は第1の波長に対して発振条件を満たすとともに第2の波長に対しては発振条件を満たさない第1の反射特性を有し、電界を印加した場合に上記第2の波長に対して発振条件を満たすとともに上記第1の波長に対しては発振条件を満たさない第2の反射特性を有することを特徴とする請求の範囲第13項に記載の固体レーザ装置。

15. 上記波長選択素子は、上記固体レーザ媒質の軸に対してその入射面と出射面が傾いて設置されていることを特徴とする請求の範囲第13項に記載の固体レーザ装置。

16. 上記第1の固体レーザ媒質がNd(ネオジウム)原子添加のY(イットリウム)系素材であり、上記第2の固体レーザ媒質はYb(イッテルビウム)原子添加のY(イットリウム)系素材であることを特徴とする請求の範囲第3項に記載の固体レーザ装置。

17. 上記第1の固体レーザ媒質がNd:YAG( $Y_3Al_5O_{12}$ )結晶であり、上記第2の固体レーザ媒質はYb:YAG結晶であることを特徴とする請求の範囲第3項に記載の固体レーザ装置。

18. 上記固体レーザ媒質がNd:YAG( $Y_3Al_5O_{12}$ )結晶であることを特徴とする請求の範囲第4項に記載の固体レーザ装置。

19. 上記第2の反射手段の外側に同軸上に配置された、発振により上記第2の反射手段から取り出された第1および第2の波長のレーザ光の波長を高調波の波長に変換する波長変換手段を備え、青色および緑色レーザを発生することを特

徴とする請求の範囲第 1 項または第 2 項に記載の固体レーザ装置。

20. 上記波長変換手段は、複数の波長に対して同時に位相整合条件を満たす擬似位相整合材料であることを特徴とする請求の範囲第 19 項に記載の固体レーザ装置。

図 1

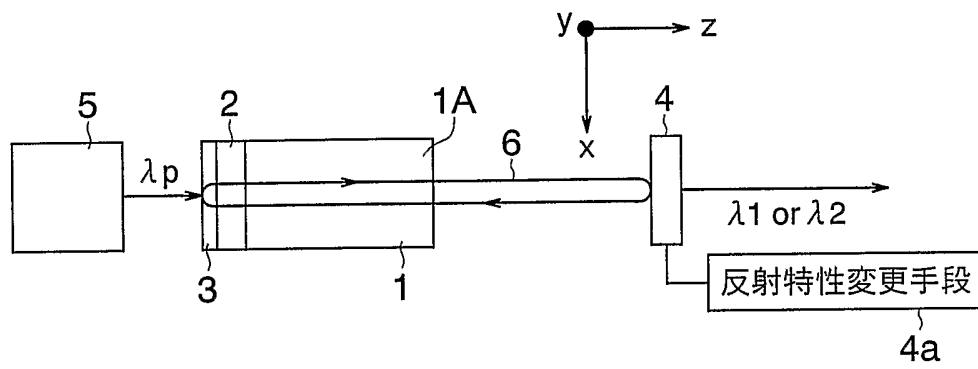


図 2

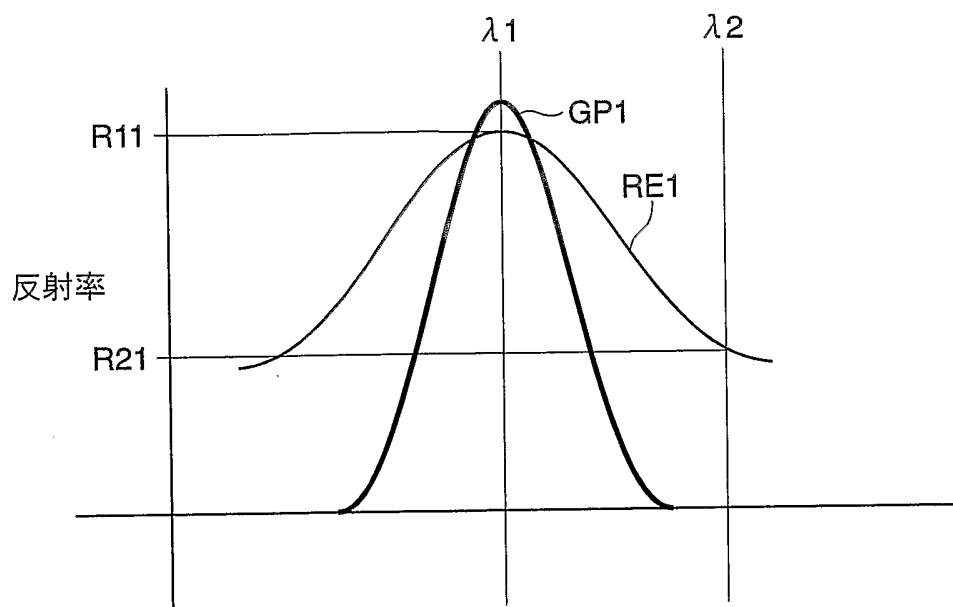


図 3

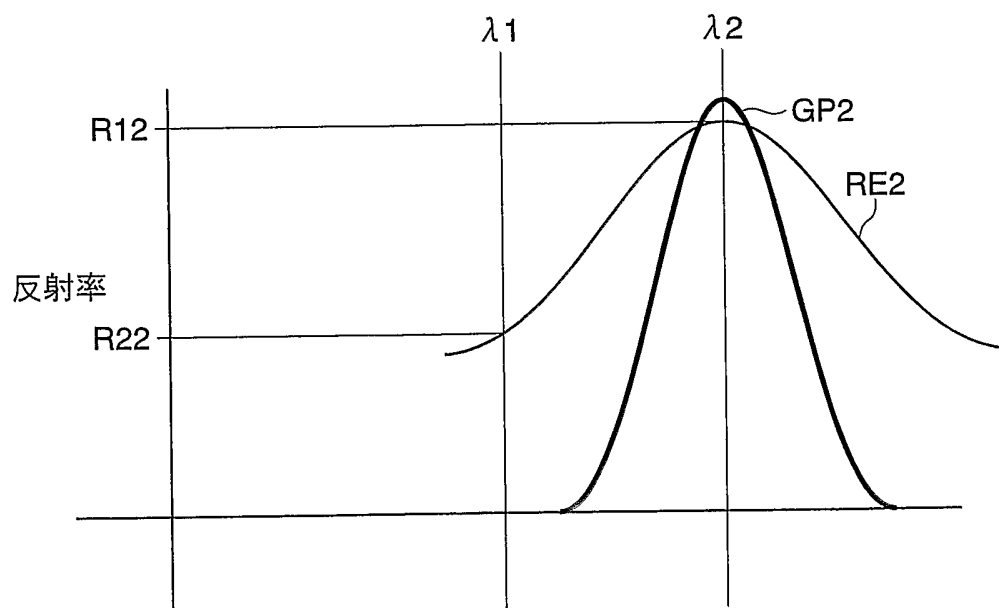


図 4

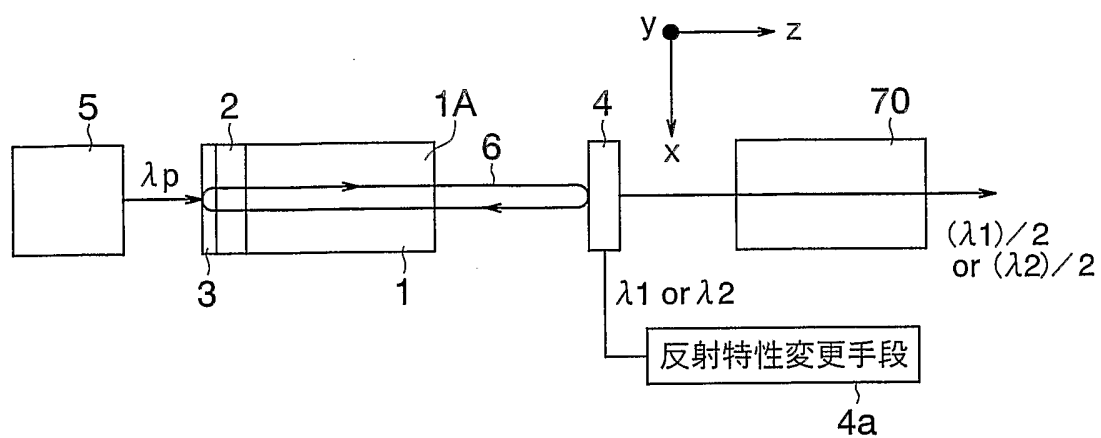


図 5

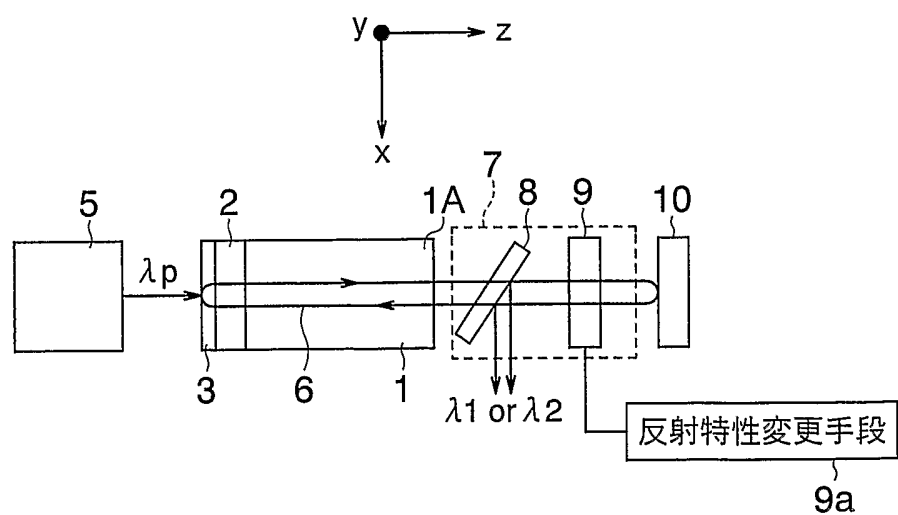


図 6

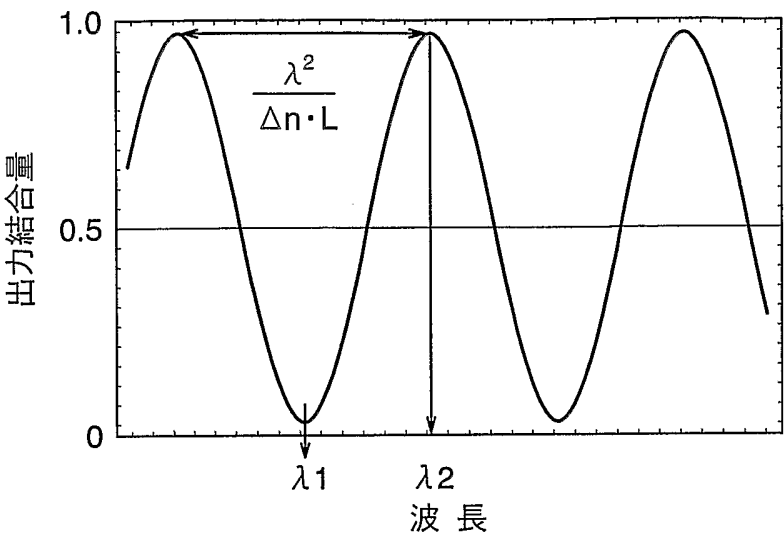


図 7

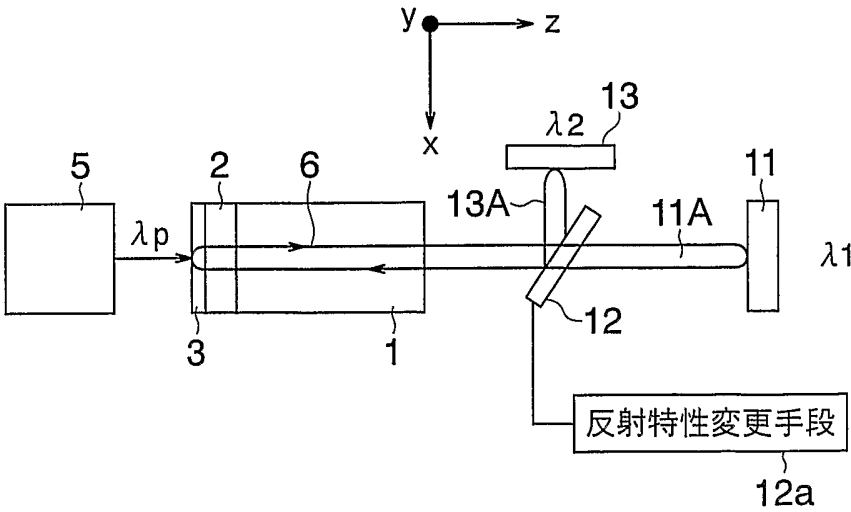


図 8

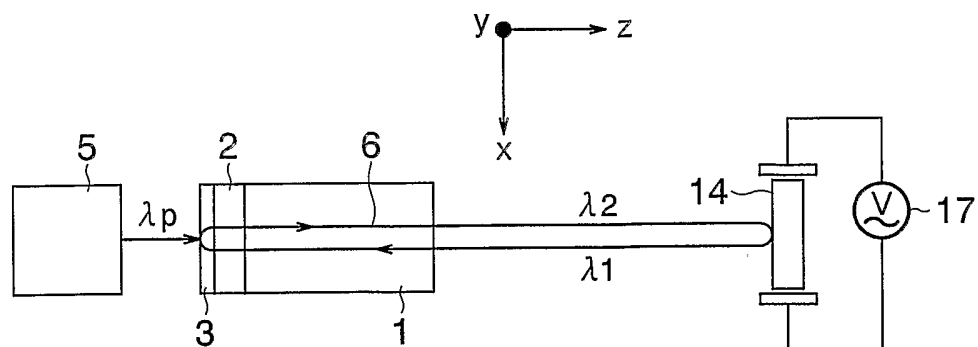


図 9

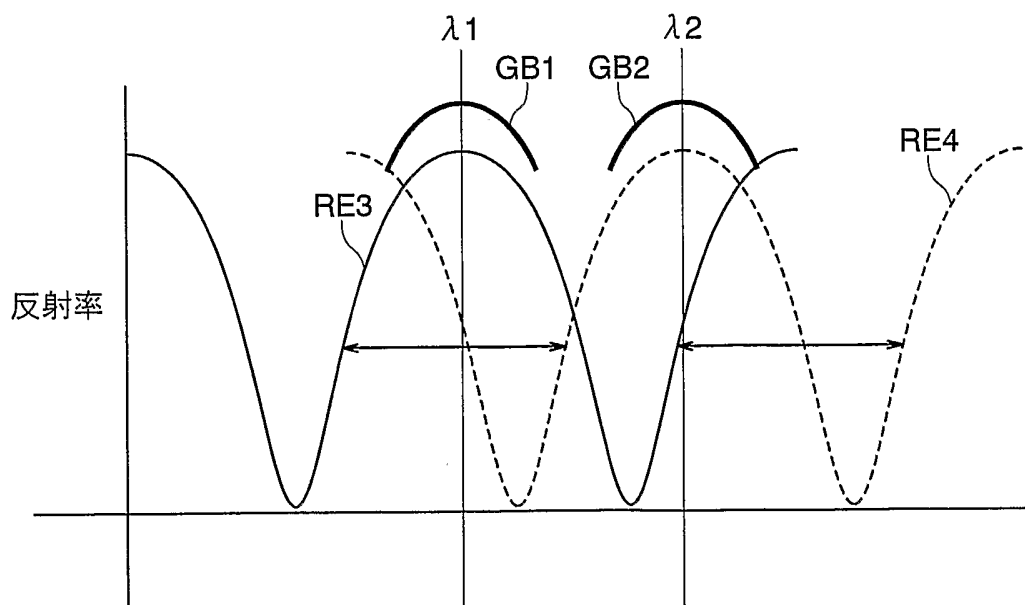


図 10

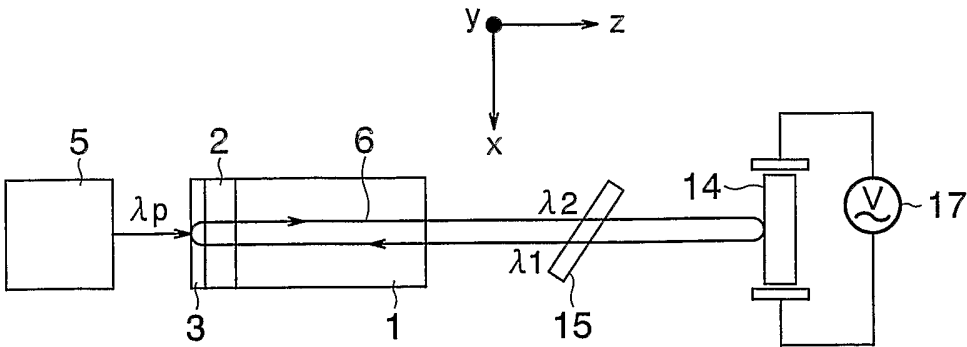
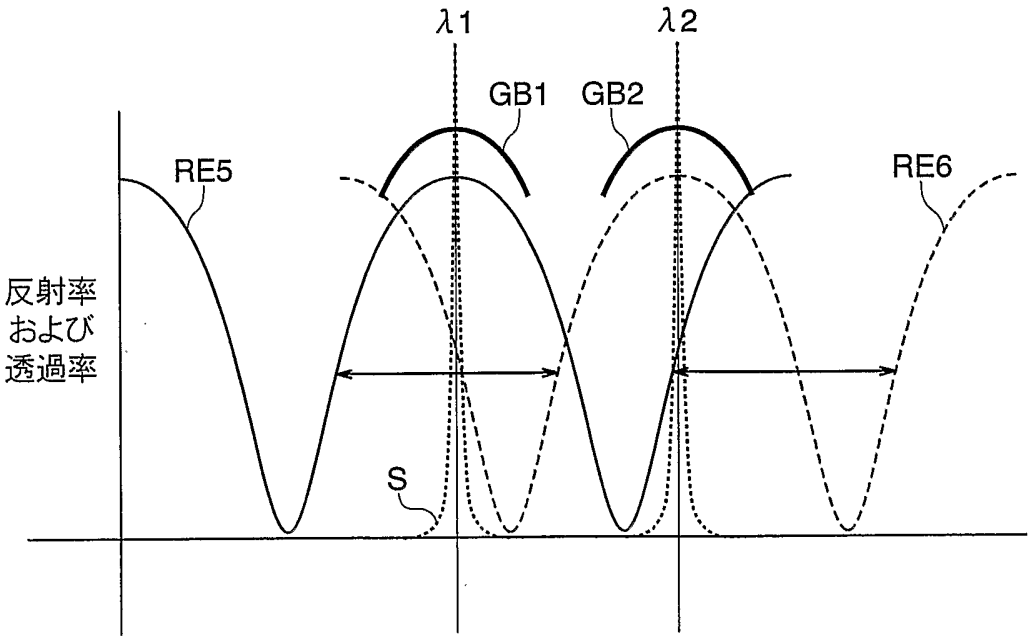


図 11



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP03/06010

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> H01S3/105

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)  
Int.Cl<sup>7</sup> H01S3/105

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
JICST FILE (JOIS)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                             | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>Y    | JP 1-218442 A (Olympus Optical Co., Ltd.),<br>31 August, 1989 (31.08.89),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)                         | 2<br>5, 9             |
| X<br>Y    | JP 62-285481 A (Messerschmitt),<br>11 December, 1987 (11.12.87),<br>Full text; all drawings<br>& DE 3617084 A & EP 248179 A<br>& US 4757507 A  | 2<br>5, 9             |
| X<br>Y    | JP 8-18142 A (Ishikawajima-Harima Heavy<br>Industries Co., Ltd.),<br>19 January, 1996 (19.01.96),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none) | 2<br>5, 9             |

☒ 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 document 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  
30 June, 2003 (30.06.03)

Date of mailing of the international search report  
15 July, 2003 (15.07.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/06010

## 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 2002-268028 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.),<br>18 September, 2002 (18.09.02),<br>Par. Nos. [0030] to [0032]; Figs. 8 to 10<br>(Family: none)      | 5                     |
| Y         | JP 2000-261081 A (Photonics Industries International Inc.),<br>22 September, 2000 (22.09.00),<br>Full text; all drawings<br>& US 6108356 A & EP 1037338 A | 9                     |
| A         | JP 2002-314180 A (Toshiba Corp.),<br>25 October, 2002 (25.10.02),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)                                            | 1, 4                  |
| A         | JP 11-307847 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.),<br>05 November, 1999 (05.11.99),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)            | 1, 9                  |
| A         | JP 10-335734 A (NEC Corp.),<br>18 December, 1998 (18.12.98),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)                                                 | 1                     |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/06010

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☒ Claims Nos.: 1  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:  
Claim 1 contains the passage "the second reflective means has respective predetermined reflectances to at least one wavelength". However, the meaning that means has "respective" predetermined reflectances to "one wavelength" is unclear. (Continued to extra sheet.)
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest** ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/06010

Continuation of Box No. I-2 of continuation of first sheet (1)

It is natural that "reflective means" has a predetermined reflectance to one wavelength. Therefore what the passage specifies is unclear.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01S3/105

## 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<sup>7</sup> H01S3/105

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

日本国実用新案公案 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003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)

JICSTファイル (JOIS)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>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<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| X<br>Y          | JP 1-218442 A (オリンパス光学工業株式会社)<br>1989. 08. 31, 全文, 全図, (ファミリーなし)                                      | 2<br>5, 9        |
| X<br>Y          | JP 62-285481 A (メツセルシユミット)<br>1987. 12. 11, 全文, 全図,<br>& DE 3617084 A & EP 248179 A<br>& US 4757507 A | 2<br>5, 9        |
| X<br>Y          | JP 8-18142 A (石川島播磨重工業株式会社)<br>1996. 01. 19, 全文, 全図, (ファミリーなし)                                        | 2<br>5, 9        |

☒ 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

30.06.03

国際調査報告の発送日

15.07.03

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)

杉山 輝和



2K

9608

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                       |                  |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求の範囲の番号 |
| Y                     | J P 2002-268028 A (古河電気工業株式会社)<br>2002. 09. 18, 段落30-32, 図8-10,<br>(ファミリーなし)                                          | 5                |
| Y                     | J P 2000-261081 A (フォトニクス インダストリーズ<br>インターナショナル インコーポレーテッド)<br>2000. 09. 22, 全文, 全図,<br>& US 6108356 A & EP 1037338 A | 9                |
| A                     | J P 2002-314180 A (株式会社東芝)<br>2002. 10. 25, 全文, 全図, (ファミリーなし)                                                         | 1, 4             |
| A                     | J P 11-307847 A (石川島播磨重工業株式会社)<br>1999. 11. 05, 全文, 全図, (ファミリーなし)                                                     | 1, 9             |
| A                     | J P 10-335734 A (日本電気株式会社)<br>1998. 12. 18, 全文, 全図, (ファミリーなし)                                                         | 1                |

## 第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☒ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ 1 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、  
「上記第2の反射手段は、少なくとも1つの波長に対してそれぞれ所定の反射率を有する」と記載されているが、「1つの波長」に対して「それぞれ」所定の反射率を有するとは、何を意味しているか文意が不明であり、また、「反射手段」が1つの波長に対して所定の反射率を有するのは当然のことであるため、上記記載が何を特定しようとしているのか、明らかでない。
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるこの国際調査機関は認めた。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。  
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。