

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7611478号
(P7611478)

(45)発行日 令和7年1月10日(2025.1.10)

(24)登録日 令和6年12月26日(2024.12.26)

(51)国際特許分類

F I

F 2 1 S	2/00	(2016.01)	F 2 1 S	2/00	3 1 1
F 2 1 V	7/09	(2006.01)	F 2 1 V	7/09	2 0 0
F 2 1 V	7/22	(2018.01)	F 2 1 V	7/22	
F 2 1 V	8/00	(2006.01)	F 2 1 V	8/00	2 0 0
F 2 1 V	9/32	(2018.01)	F 2 1 V	9/32	

請求項の数 11 (全21頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2023-575182(P2023-575182)
 (86)(22)出願日 令和4年12月29日(2022.12.29)
 (86)国際出願番号 PCT/JP2022/048700
 (87)国際公開番号 WO2023/140101
 (87)国際公開日 令和5年7月27日(2023.7.27)
 審査請求日 令和6年7月10日(2024.7.10)
 (31)優先権主張番号 特願2022-7477(P2022-7477)
 (32)優先日 令和4年1月20日(2022.1.20)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 日本国(JP)

(73)特許権者 314012076
 パナソニックIPマネジメント株式会社
 大阪府門真市元町2番6号
 (74)代理人 110002527
 弁理士法人北斗特許事務所
 (72)発明者 溝上 陽介
 大阪府門真市大字門真1006番地 パ
 ナソニック株式会社内
 (72)発明者 七井 識成
 大阪府門真市大字門真1006番地 パ
 ナソニック株式会社内
 (72)発明者 佐藤 利彦
 大阪府門真市大字門真1006番地 パ
 ナソニック株式会社内
 審査官 下原 浩嗣

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光源システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1励起光を出射する第1固体光源と、
 前記第1励起光によって励起され前記第1励起光よりも長波長の複数波長の第1自然放
 出光を発生可能であり、かつ、第1自然放射増幅光によって励起可能な第1波長変換要素
 を含む光ファイバである第1波長変換部と、
 第2励起光を出射する第2固体光源と、
 前記第2励起光によって励起され前記第2励起光よりも長波長の複数波長の第2自然放
 出光を発生可能であり、かつ、第2自然放射増幅光によって励起可能な第2波長変換要素
 を含む第2波長変換部と、
 前記第2波長変換部と前記第1波長変換部との間に配置されており、複数の波長域の光
 に対応する複数のフィルタ部を有する光学部材と、
 前記光学部材を回転させるモータと、
 前記モータと前記第2固体光源とを制御する制御部と、を備え、
 前記光学部材では、前記複数のフィルタ部が、前記光学部材の回転中心軸を中心とする
 円周上に並んでおり
 前記複数の波長域の各々は、前記第2波長変換部で発生する前記複数波長の第2自然放
 出光のうち少なくとも1つの波長の第2自然放出光の波長を含む、
 光源システム。

【請求項2】

前記第 2 波長変換部は、光ファイバである、
請求項 1 に記載の光源システム。

【請求項 3】

前記第 2 波長変換要素は、前記第 1 波長変換要素と同じ種類の元素である、
請求項 1 又は 2 に記載の光源システム。

【請求項 4】

前記複数のフィルタ部は、前記回転中心軸を中心とする円周上に並んでおり互いに異なる波長域の光を透過する複数の透過部を含む、
請求項 1 又は 2 に記載の光源システム。

【請求項 5】

前記複数のフィルタ部は、前記回転中心軸を中心とする円周上に並んでおり互いに異なる波長域の光を反射する複数の反射部を含む、
請求項 1 又は 2 に記載の光源システム。

【請求項 6】

前記光学部材と前記第 1 波長変換部との間に配置されており、前記光学部材側からの光を前記第 1 波長変換部側へ透過し、かつ、前記第 1 固体光源から出射される前記第 1 励起光を前記第 1 波長変換部へ向けて反射する光学素子を更に備える、
請求項 4 に記載の光源システム。

【請求項 7】

前記複数の波長域は、
5 1 0 n m 以上 5 5 0 n m 以下の波長域と、
6 2 0 n m 以上 6 5 0 n m 以下の波長域と、を含む、
請求項 4 に記載の光源システム。

【請求項 8】

前記第 2 固体光源は、レーザ光源を含む、
請求項 1 又は 2 に記載の光源システム。

【請求項 9】

前記制御部は、前記第 2 固体光源を P W M 制御する、
請求項 1 又は 2 に記載の光源システム。

【請求項 10】

前記制御部は、前記第 2 固体光源を P W M 制御し、
前記複数の波長域は、4 つの波長域であり、
前記制御部が前記第 2 固体光源を P W M 制御するときの周波数は、8 0 0 H z 以上である、
請求項 4 に記載の光源システム。

【請求項 11】

前記第 1 波長変換要素及び前記第 2 波長変換要素の各々は、P r、T b、H o、D y、
E r、E u、N d 及び M n の群から選択される元素を含む、
請求項 1 又は 2 に記載の光源システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、一般に、光源システムに関し、より詳細には、励起光を利用する光源システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、光源装置として、光ファイバと、第 1 光源部と、第 2 光源部と、を備える発光装置が開示されている。光ファイバは、励起光によって励起され、励起光よりも長波長の自然放射光を発生する波長変換材料（波長変換要素）を含む。第 1 光源部は、励起光を光ファイバの光入射部に入射させる。第 2 光源部は、励起光又は自然放射増幅光に

10

20

30

40

50

よって励起された波長変換材料から誘導放出光を発生させるためのシード光を光ファイバの光入射部に入射させる。第1光源部は、レーザ光源（第1固体光源）を含む。第2光源部は、例えば、緑色の光を出射するシード光源（半導体レーザ）と、オレンジ色の光を出射するシード光源（半導体レーザ）と、赤色の光を出射するシード光源（半導体レーザ）と、を含む。

【0003】

特許文献1に開示された発光装置は、複数のシード光源から出射される複数のシード光それぞれの強度を調整する調整部を更に有する。

【0004】

特許文献1に開示された光源装置では、シード光を出射する半導体レーザ等の固体光源が必要であるが、波長変換材料の自然放射増幅光の波長に対応する波長の光を出射する半導体レーザが製造販売されていない場合もあり、所望の波長のシード光を得られないこともあった。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】国際公開第2021/014853号

【発明の概要】

【0006】

本開示の目的は、シード光を出射する固体光源を使用しなくても調光及び調色可能な光源システムを提供することにある。

20

【0007】

本開示に係る一態様の光源システムは、第1固体光源と、第1波長変換部と、第2固体光源と、第2波長変換部と、光学部材と、モータと、制御部と、を備える。前記第1固体光源は、第1励起光を出射する。前記第1波長変換部は、前記第1励起光によって励起され前記第1励起光よりも長波長の複数波長の第1自然放出光を発生可能であり、かつ、第1自然放射増幅光によって励起可能な第1波長変換要素を含む光ファイバである。前記第2固体光源は、第2励起光を出射する。前記第2波長変換部は、前記第2励起光によって励起され前記第2励起光よりも長波長の複数波長の第2自然放出光を発生可能であり、かつ、第2自然放射増幅光によって励起可能な第2波長変換要素を含む。前記光学部材は、前記第2波長変換部と前記第1波長変換部との間に配置されている。前記光学部材は、複数の波長域の光に対応する複数のフィルタ部を有する。前記モータは、前記光学部材を回転させる。前記制御部は、前記モータと前記第2固体光源とを制御する。前記光学部材では、前記複数のフィルタ部が、前記光学部材の回転中心軸を中心とする円周上に並んでいる。前記複数の波長域の各々は、前記第2波長変換部で発生する前記複数波長の第2自然放出光のうち少なくとも1つの波長の第2自然放出光の波長を含む。

30

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、実施形態1に係る光源システムの構成図である。

【図2】図2は、同上の光源システムにおける第1波長変換部を構成する光ファイバの断面図である。

40

【図3】図3は、同上の光源システムにおける第2波長変換部を構成する光ファイバの断面図である。

【図4】図4Aは、同上の光源システムにおいて光学部材とモータとを含む部材の平面図である。図4Bは、同上の光源システムにおいて光学部材とモータとを含む部材に関し、図4AのX-X線断面図である。図4Cは、同上の光源システムにおいて光学部材とモータとを含む部材に関し、図4AのY-Y線断面図である。

【図5】図5は、同上の光源システムの動作説明図である。

【図6】図6は、実施形態2に係る光源システムの構成図である。

【図7】図7Aは、同上の光源システムにおいて光学部材とモータとを含む部材の平面図

50

である。図 7 B は、同上の光源システムにおいて光学部材とモータとを含む部材に関し、図 7 A の X - X 線断面図である。図 7 C は、同上の光源システムにおいて光学部材とモータとを含む部材に関し、図 7 A の Y - Y 線断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

下記の実施形態 1 ~ 2 等において説明する各図は、模式的な図であり、図中の各構成要素の大きさや厚さそれぞれの比が、必ずしも実際の寸法比を反映しているとは限らない。

【0010】

(実施形態 1)

以下では、実施形態 1 に係る光源システム 1 について図 1 ~ 5 に基づいて説明する。

10

【0011】

(1) 概要

光源システム 1 は、図 1 に示すように、第 1 固体光源 2 と、第 1 波長変換部 3 と、第 2 固体光源 4 と、第 2 波長変換部 5 と、光学部材 6 と、モータ 7 と、制御部 8 と、を備える。第 1 固体光源 2 は、第 1 励起光 P 1 を出射する。第 1 波長変換部 3 は、第 1 波長変換要素 (例えば、 Pr^{3+}) を含む光ファイバである。第 1 波長変換要素は、第 1 励起光 P 1 によって励起され第 1 励起光 P 1 よりも長波長の複数波長の第 1 自然放出光を発生可能であり、かつ、第 1 自然放射増幅光によって励起可能である。第 2 固体光源 4 は、第 2 励起光 P 2 を出射する。第 2 波長変換部 5 は、第 2 波長変換要素 (例えば、 Pr^{3+}) を含む光ファイバである。第 2 波長変換要素は、第 2 励起光 P 2 によって励起され第 2 励起光 P 2 よりも長波長の複数波長の第 2 自然放出光を発生可能であり、かつ、第 2 自然放射増幅光によって励起可能である。光学部材 6 は、第 2 波長変換部 5 と第 1 波長変換部 3 との間に配置されている。光学部材 6 は、複数の波長域の光に対応する複数のフィルタ部 6 0 を有する。複数のフィルタ部 6 0 は、複数の波長域の光を透過する複数の透過部 6 1 ~ 6 4 を含む。モータ 7 は、光学部材 6 を回転させる。制御部 8 は、モータ 7 と第 2 固体光源 4 とを制御する。光学部材 6 では、複数のフィルタ部 6 0 が、光学部材 6 の回転中心軸 A 6 を中心とする円周上に並んでいる。複数の波長域の各々は、第 2 波長変換部 5 で発生する複数波長の第 2 自然放出光のうち少なくとも 1 つの波長の第 2 自然放出光の波長を含む。光源システム 1 は、第 2 波長変換部 5 で発生する複数波長の第 2 自然放出光それぞれと同じ波長の複数種類の光を、第 1 励起光 P 1 あるいは自然放射増幅光によって励起された第 1 波長変換要素から誘導放出光を発生させるためのシード光として第 1 波長変換部 3 に入射させる。図 1 では、複数種類のシード光のうち 4 種類のシード光 P 2 1、P 2 2、P 2 3、P 2 4 の光路を模式的に図示してある。

20

30

【0012】

光源システム 1 の出射光は、第 1 波長変換部 3 から出射される光である。光源システム 1 では、第 1 波長変換部 3 からは、例えば、第 1 励起光 P 1 と複数種類の誘導放出光とを含む光が出射される。図 1 では、複数種類の誘導放出光のうち 4 種類の誘導放出光 P 1 1、P 1 2、P 1 3、P 1 4 を模式的に図示してある。

【0013】

光源システム 1 は、例えば、照明用途に適用することができる。照明用途としては、例えば、屋内用のダウンライト、冷凍倉庫用の照明システム、屋外テニスコート用の照明システム、トンネル用の照明システム、漁船の集魚用照明システム、車両用ヘッドライト等が挙げられるが、これらに限らない。また、光源ユニットは、例えば、照明用途に限らず、例えば、プロジェクタを含む投影システムに適用することができる。

40

【0014】

(2) 光源システムの構成

光源システム 1 は、図 1 に示すように、第 1 固体光源 2 と、第 1 波長変換部 3 と、第 2 固体光源 4 と、第 2 波長変換部 5 と、光学部材 6 と、モータ 7 と、制御部 8 と、を備える。また、光源システム 1 は、第 1 駆動回路 9 と、第 2 駆動回路 10 と、モータ駆動回路 11 と、を更に備える。第 1 駆動回路 9 は、第 1 固体光源 2 を駆動する。第 2 駆動回路 10

50

は、第2固体光源4を駆動する。モータ駆動回路11は、モータ7を駆動する。また、光源システム1は、光学素子12を更に備える。光学素子12は、例えば、ダイクロイックミラーである。

【0015】

(2.1)第1固体光源

第1固体光源2は、第1励起光P1を出射する。第1固体光源2は、第1波長変換部3に含まれる第1波長変換要素を励起するための第1励起光P1を出射する。第1固体光源2から出射された第1励起光P1は、第1波長変換部3へ入射される。より詳細には、第1固体光源2から出射された第1励起光P1は、第1波長変換部3へ入射する。

【0016】

第1固体光源2は、準単色光を放射する光源である。準単色光とは、狭い波長範囲(例えば、10nm)に含まれる光である。第1固体光源2は、例えば、レーザ光源を含む。レーザ光源は、レーザ光を出射する。第1固体光源2から出射された第1励起光P1(レーザ光源から出射したレーザ光)は、第1波長変換部3へ入射される。レーザ光源は、例えば、青色のレーザ光を出射する半導体レーザである。この場合、第1励起光P1の波長は、例えば、440nm~450nmである。

【0017】

(2.2)第1波長変換部

第1波長変換部3は、第1波長変換要素(例えば、 Pr^{3+})を含む光ファイバである。したがって、第1波長変換部3は、可撓性を有する。第1波長変換要素は、第1励起光P1によって励起され第1励起光P1よりも長波長の複数波長の第1自然放出光を発生可能であり、かつ、第1自然放射増幅光によって励起可能である。

【0018】

第1波長変換部3は、図2に示すように、コア33と、クラッド34と、被覆部35と、を有する。クラッド34は、コア33の外周面を覆っている。被覆部35は、クラッド34の外周面を覆っている。コア33に関し、光軸方向に直交する断面形状は、円形状である。クラッド34は、コア33と同軸状に配置されている。

【0019】

コア33は、透光性材料と、第1波長変換要素と、を含む。言い換えれば、コア33は、第1波長変換要素を含有している。コア33における第1波長変換要素の濃度は、コア33の全長に亘って略均一であってもよいし、均一でなくてもよい。コア33の直径は、例えば、25 μ m~500 μ mである。第1波長変換部3の長さは、例えば、3m~10mである。第1波長変換部3の長さについては、第1波長変換部3における第1波長変換要素の濃度が低いほど長いほうが好ましい。第1波長変換部3を構成する光ファイバの開口数は、例えば、0.22である。

【0020】

コア33の屈折率は、コア33の主成分である上述の透光性材料の屈折率と略同じである。

【0021】

透光性材料は、例えば、フッ化物、酸化物、又は窒化物のいずれかである。フッ化物は、例えば、フッ化物ガラスである。酸化物は、例えば、酸化ケイ素、石英等である。

【0022】

第1波長変換要素は、希土類元素である。ここにおいて、第1波長変換要素は、例えば、Pr、Tb、Ho、Dy、Er、Eu、Nd及びMnの群から選択される元素を含む。第1波長変換要素は、希土類元素のイオンとしてコア33に含有されており、例えば、Prのイオン(Pr^{3+})として含有されている。第1波長変換要素は、第1励起光P1によって励起されるか、あるいは自身とは別の第1波長変換要素から発せられた自然放出光を内部シード光として増幅された光、即ち自然放射増幅光(ASE)によって励起されてもよい。このような励起を介して、第1波長変換要素は、第1波長変換要素の元素特有のASEを放出し、併せて第2波長変換部5からの複数種類のシード光P21~P24の波

10

20

30

40

50

長と同じ波長の複数種類の誘導放出光を発生し、これらを合わせて誘導放出光 P 1 1 ~ P 1 4 として放出する。ASE 及びシード光 P 2 1 ~ P 2 4 の波長は、第 1 励起光 P 1 の波長（例えば、440 nm ~ 450 nm）よりも長波長である。複数種類のシード光 P 2 1 ~ P 2 4 の波長については、「(2.4) 第 2 波長変換部」の欄で説明する。

【0023】

クラッド 3 4 の屈折率は、コア 3 3 の屈折率よりも小さい。クラッド 3 4 は、コア 3 3 の含有している第 1 波長変換要素を含まない。

【0024】

被覆部 3 5 の材料は、例えば、樹脂である。被覆部 3 5 の外径は、例えば、1 mm 以下である。

【0025】

第 1 波長変換部 3 は、光入射部 3 1 と、光出射部 3 2 と、を有する。第 1 波長変換部 3 では、光入射部 3 1 が、コア 3 3 の第 1 端面 3 3 1 により構成され、光出射部 3 2 が、コア 3 3 の第 2 端面 3 3 2 により構成されている。

【0026】

第 1 波長変換部 3 では、第 1 固体光源 2 からの第 1 励起光 P 1 及び第 2 波長変換部 5 からの複数種類のシード光 P 2 1 ~ P 2 4 が光入射部 3 1 に入射される。光源システム 1 では、第 1 波長変換部 3 の光入射部 3 1 には、第 1 固体光源 2 からの第 1 励起光 P 1 が光学素子 1 2 で反射されて入射する。また、第 1 波長変換部 3 の光入射部 3 1 には、第 2 波長変換部 5 からの複数種類のシード光 P 2 1 ~ P 2 4 が光学素子 1 2 を介して入射する。第 1 波長変換部 3 の光出射部 3 2 からは、ASE を含む誘導放出光 P 1 1 ~ P 1 4 が出射する。第 1 波長変換部 3 からは、第 1 励起光 P 1 及び第 2 励起光 P 2 も出射する。

【0027】

(2.3) 第 2 固体光源

第 2 固体光源 4 は、第 2 励起光 P 2 を出射する。第 2 固体光源 4 は、第 2 波長変換部 5 に含まれる第 2 波長変換要素を励起するための第 2 励起光 P 2 を出射する。第 2 固体光源 4 から出射された第 2 励起光 P 2 は、第 2 波長変換部 5 へ入射される。より詳細には、第 2 固体光源 4 から出射された第 2 励起光 P 2 は、第 2 波長変換部 5 へ入射する。第 2 固体光源 4 から出射された第 2 励起光 P 2 は、第 2 波長変換部 5 へ直接入射するが、これに限らず、レンズ等の光結合部材を介して入射してもよい。

【0028】

第 2 固体光源 4 は、準単色光を放射する光源である。準単色光とは、狭い波長範囲（例えば、10 nm）に含まれる光である。第 2 固体光源 4 は、例えば、レーザ光源を含む。レーザ光源は、レーザ光を出射する。第 2 固体光源 4 から出射された第 2 励起光 P 2（レーザ光源から出射したレーザ光）は、第 2 波長変換部 5 へ入射される。レーザ光源は、例えば、青色のレーザ光を出射する半導体レーザである。この場合、第 2 励起光 P 2 の波長は、例えば、440 nm ~ 450 nm である。

【0029】

(2.4) 第 2 波長変換部

第 2 波長変換部 5 は、第 2 波長変換要素（例えば、 Pr^{3+} ）を含む。光源システム 1 では、第 2 波長変換部 5 は、第 2 波長変換要素を含む光ファイバである。第 2 波長変換要素は、第 2 励起光 P 2 によって励起され第 2 励起光 P 2 よりも長波長の複数波長の第 2 自然放出光を発生可能であり、かつ、第 2 自然放射増幅光によって励起可能である。

【0030】

第 2 波長変換部 5 は、図 3 に示すように、コア 5 3 と、クラッド 5 4 と、被覆部 5 5 と、を有する。クラッド 5 4 は、コア 5 3 の外周面を覆っている。被覆部 5 5 は、クラッド 5 4 の外周面を覆っている。コア 5 3 に関し、光軸方向に直交する断面形状は、円形状である。クラッド 5 4 は、コア 5 3 と同軸状に配置されている。

【0031】

コア 5 3 は、透光性材料と、第 2 波長変換要素と、を含む。言い換えれば、コア 5 3 は

10

20

30

40

50

、第2波長変換要素を含有している。コア53における第2波長変換要素の濃度は、コア53の全長に亘って略均一であってもよいし、均一でなくてもよい。コア53の直径は、例えば、 $25\ \mu\text{m} \sim 500\ \mu\text{m}$ である。第2波長変換部5の長さは、例えば、 $3\ \text{m} \sim 10\ \text{m}$ である。第2波長変換部5の長さについては、第2波長変換部5における第2波長変換要素の濃度が低いほど長いほうが好ましい。第2波長変換部5を構成する光ファイバの開口数は、例えば、0.22である。

【0032】

コア53の屈折率は、コア53の主成分である上述の透光性材料の屈折率と略同じである。

【0033】

透光性材料は、例えば、フッ化物、酸化物、又は窒化物のいずれかである。フッ化物は、例えば、フッ化物ガラスである。酸化物は、例えば、酸化ケイ素、石英等である。

【0034】

第2波長変換要素は、希土類元素である。ここにおいて、第2波長変換要素は、例えば、Pr、Tb、Ho、Dy、Er、Eu、Nd及びMnの群から選択される元素を含む。第2波長変換要素は、希土類元素のイオンとしてコア53に含有されている。第2波長変換要素は、第1波長変換要素と同じ種類の元素であり、例えば、Prのイオン(Pr^{3+})としてコア53に含有されている。第2波長変換要素は、第2励起光P2によって励起されるか、あるいは自身とは別の第2波長変換要素から発せられた自然放出光を内部シード光として増幅された光、即ち自然放射増幅光(ASE)によって励起されてもよい。このような励起を介して、第2波長変換要素は、第2波長変換要素の元素特有のASEを放出する。ASE及びシード光P21~P24の波長は、第2励起光P2の波長(例えば、 $440\ \text{nm} \sim 450\ \text{nm}$)よりも長波長である。

【0035】

クラッド54の屈折率は、コア53の屈折率よりも小さい。クラッド54は、コア53の含有している第2波長変換要素を含まない。

【0036】

被覆部55の材料は、例えば、樹脂である。被覆部55の外径は、例えば、 $1\ \text{mm}$ 以下である。

【0037】

第2波長変換部5は、光入射部51と、光出射部52と、を有する。第2波長変換部5では、光入射部51が、コア53の第1端面531により構成され、光出射部52が、コア53の第2端面532により構成されている。

【0038】

第2波長変換部5では、第2固体光源4からの第2励起光P2が光入射部51に入射される。第2波長変換部5の光出射部52からは、ASEを含む誘導放出光がシード光P21~P24として出射される。第2波長変換部5からは、第2励起光P2も出射される。

【0039】

第2波長変換要素が Pr^{3+} の場合、第2波長変換部5において発生する複数波長の第2自然放出光は、例えば、波長 $482\ \text{nm}$ の自然放出光(青色の光)と、波長 $532\ \text{nm}$ の自然放出光(緑色の光)と、波長 $605\ \text{nm}$ の自然放出光(オレンジ色の光)と、波長 $637\ \text{nm}$ の自然放出光(赤色の光)と、波長 $698\ \text{nm}$ の自然放出光と、波長 $719\ \text{nm}$ の自然放出光(近赤外光)と、を含み得る。

【0040】

第2波長変換部5は、複数種類のシード光P21~P24(図1参照)を出射する。第2波長変換部5から出射された複数種類のシード光P21~P24は、第1波長変換部3へ入射される。より詳細には、第2波長変換部5から出射された複数種類のシード光P21~P24は、光学部材6及び光学素子12を介して第1波長変換部3の光入射部31へ入射される。

【0041】

10

20

30

40

50

(2 . 5) 光学部材

光学部材 6 は、図 1 に示すように、第 2 波長変換部 5 と第 1 波長変換部 3 との間に配置されている。より詳細には、光学部材 6 は、第 2 波長変換部 5 と光学素子 1 2 との間に配置されている。光学素子 1 2 は、上述のようにダイクロミックミラーであり、光学部材 6 側からの光を第 1 波長変換部 3 側へ透過し、第 1 固体光源 2 側からの光を第 1 波長変換部 3 へ向けて反射する。

【 0 0 4 2 】

光学部材 6 は、図 4 A ~ 4 C に示すように、回転板 6 8 と、複数の波長域の光に対応する複数（例えば、4 つ）のフィルタ部 6 0 と、を有する。

【 0 0 4 3 】

回転板 6 8 は、光学部材 6 の回転中心軸 A 6 を中心として回転可能である。回転中心軸 A 6 は、第 2 波長変換部 5 の光出射部 5 2 と光学素子 1 2 との並んでいる方向（規定方向）と平行である（図 1 参照）。第 2 波長変換部 5 の光出射部 5 2 と光学素子 1 2 と第 1 波長変換部 3 の光入射部 3 1 とは、規定方向において一直線上に並んでいる。回転中心軸 A 6 は、規定方向と厳密に平行である場合に限らず、例えば、規定方向とのなす角度が 5 度以下であればよい。

【 0 0 4 4 】

回転板 6 8 の厚さ方向から見て、回転板 6 8 の外縁は、円形状である。回転板 6 8 は、回転板 6 8 の厚さ方向において第 2 波長変換部 5 側に位置する第 1 主面 6 8 1 及び第 1 主面 6 8 1 とは反対側の第 2 主面 6 8 2 を有する。回転板 6 8 は、例えば、モータ 7 の回転軸 7 1 に連結されており、モータ 7 の回転軸 7 1 と一緒に回転する。光学部材 6 では、モータ 7 の回転軸 7 1 の一部が、回転板 6 8 の中央の貫通孔 6 8 3 内に配置されている。回転板 6 8 は、その厚さ方向が回転中心軸 A 6 に沿った方向となるように配置されている。光学部材 6 は、第 2 波長変換部 5 から出射される光の入射位置が光学部材 6 の回転中心軸 A 6 に直交する方向において回転中心軸 A 6 から離れた位置となるように配置されている。回転中心軸 A 6 と入射位置との距離は、回転中心軸 A 6 とフィルタ部 6 0 との間の最短距離よりも長く、かつ、回転中心軸 A 6 とフィルタ部 6 0 の外縁との間の最長距離よりも短い。回転板 6 8 は、透光性を有し、可視光を透過する。したがって、回転板 6 8 は、第 2 波長変換部 5 から出射される複数種類のシード光 P 2 1 ~ P 2 4 を透過する。回転板 6 8 は、ガラス基板であるが、これに限らず、例えば、セラミック基板又は樹脂基板であってもよい。

【 0 0 4 5 】

複数のフィルタ部 6 0 は、複数の波長域の光を透過する透過部 6 1 ~ 6 4 を含む。より詳細には、複数のフィルタ部 6 0 は、複数の透過部 6 1 ~ 6 4 と一対一に対応し、対応する透過部と、回転板 6 8 において当該対応する透過部に重なる部分と、を含む。光学部材 6 では、複数のフィルタ部 6 0 が、光学部材 6 の回転中心軸 A 6 を中心とする円周上に並んでいる。光学部材 6 の回転中心軸 A 6 に沿った方向から見て、光学部材 6 の外縁は、円形状であり、複数のフィルタ部 6 0 の各々は、回転中心軸 A 6 を中心とする扇形状である。フィルタ部 6 0 の数を N 1 とすると、光学部材 6 の回転中心軸 A 6 に沿った方向から見て、複数のフィルタ部 6 0 の各々の中心角は、 $360^\circ / N 1$ である。したがって、 $N 1 = 4$ の場合、光学部材 6 の回転中心軸 A 6 に沿った方向から見て、複数のフィルタ部 6 0 の各々の中心角は、 90° である。複数の波長域の各々は、第 2 波長変換部 5 で発生する複数波長の第 2 自然放出光のうち少なくとも 1 つの波長の第 2 自然放出光の波長を含む。複数の波長域のそれぞれに含まれる第 2 自然放出光の波長は、互いに異なる。

【 0 0 4 6 】

複数の透過部 6 1 ~ 6 4 は、回転板 6 8 の第 1 主面 6 8 1 上に配置されている。複数の透過部 6 1 ~ 6 4 の各々は、多層膜フィルタ（誘電体多層膜フィルタ）である。光学部材 6 では、複数の透過部 6 1 ~ 6 4 が、光学部材 6 の回転中心軸 A 6 を中心とする円周上に並んでいる。複数の透過部 6 1 ~ 6 4 は、光学部材 6 の回転方向、つまり、モータ 7 の回転軸 7 1 の回転方向 R 1（図 4 A 参照）に沿った方向において、透過部 6 1、透過部 6 2

10

20

30

40

50

、透過部 6 3 及び透過部 6 4 の順に並んでいる。複数の透過部 6 1 ~ 6 4 は、回転中心軸 A 6 に沿った方向から見て、回転中心軸 A 6 を中心とする扇形状である。複数の透過部 6 1 ~ 6 4 の数を $M 1 (= N 1)$ とすると、光学部材 6 の回転中心軸 A 6 に沿った方向から見て、複数の透過部 6 1 ~ 6 4 の各々の中心角は、 $360^\circ / M 1$ である。したがって、 $M 1 = 4$ の場合、光学部材 6 の回転中心軸 A 6 に沿った方向から見て、複数の透過部 6 1 ~ 6 4 の各々の中心角は、 90° である。

【0047】

以下では、説明の便宜上、第 2 波長変換部 5 から出射される複数種類のシード光 P 2 1 ~ P 2 4 に関して、シード光 P 2 1 を第 1 シード光 P 2 1 と称し、シード光 P 2 2 を第 2 シード光 P 2 2 と称し、シード光 P 2 3 を第 3 シード光 P 2 3 と称し、シード光 P 2 4 を第 4 シード光 P 2 4 と称することもある。第 1 シード光 P 2 1、第 2 シード光 P 2 2、第 3 シード光 P 2 3 及び第 4 シード光 P 2 4 の波長は、第 2 波長変換部 5 で発生する複数波長の第 2 自然放出光のうち互いに異なる 1 つの波長の第 2 自然放出光の波長と同じである。第 1 シード光 P 2 1、第 2 シード光 P 2 2、第 3 シード光 P 2 3 及び第 4 シード光 P 2 4 の波長は、互いに異なる。第 2 波長変換要素が Pr^{3+} の場合、第 1 シード光 P 2 1、第 2 シード光 P 2 2、第 3 シード光 P 2 3 及び第 4 シード光 P 2 4 の波長は、それぞれ、例えば、482 nm、523 nm、605 nm 及び 637 nm である。また、以下では、説明の便宜上、透過部 6 1 を第 1 透過部 6 1 と称し、透過部 6 2 を第 2 透過部 6 2 と称し、透過部 6 3 を第 3 透過部 6 3 と称し、透過部 6 4 を第 4 透過部 6 4 と称することもある。また、複数の波長域のうち第 1 透過部 6 1 に対応する波長域を第 1 波長域と称し、第 2 透過部 6 2 に対応する波長域を第 2 波長域と称し、第 3 透過部 6 3 に対応する波長域を第 3 波長域と称し、第 4 透過部 6 4 に対応する波長域を第 4 波長域と称することもある。

【0048】

第 1 透過部 6 1 は、第 1 波長域の光を選択的に透過させる。第 1 波長域は、第 1 シード光 P 2 1 の波長を含み、かつ、第 2 シード光 P 2 2 の波長、第 3 シード光 P 2 3 の波長及び第 4 シード光 P 2 4 の波長を含まない。第 1 波長域は、例えば、440 nm 以上 490 nm である。第 2 透過部 6 2 は、第 2 波長域の光を選択的に透過させる。第 2 波長域は、第 2 シード光 P 2 2 の波長を含み、第 1 シード光 P 2 1 の波長、第 3 シード光 P 2 3 の波長及び第 4 シード光 P 2 4 の波長を含まない。第 2 波長域は、例えば、510 nm 以上 550 nm 以下である。第 3 透過部 6 3 は、第 3 波長域の光を選択的に透過させる。第 3 波長域は、第 3 シード光 P 2 3 の波長を含み、第 1 シード光 P 2 1 の波長、第 2 シード光 P 2 2 の波長及び第 4 シード光 P 2 4 の波長を含まない。第 3 波長域は、例えば、570 nm 以上 610 nm 以下である。第 4 透過部 6 4 は、第 4 波長域の光を選択的に透過させる。第 4 波長域は、第 4 シード光 P 2 4 の波長を含み、第 1 シード光 P 2 1 の波長、第 2 シード光 P 2 2 の波長及び第 3 シード光 P 2 3 の波長を含まない。第 4 波長域は、例えば、620 nm 以上 650 nm 以下である。光学部材 6 では、第 1 波長域、第 2 波長域、第 3 波長域及び第 4 波長域が互いに重複しないように透過部 6 1 ~ 6 4 を設計してあるが、これに限らず、例えば、第 1 波長域及び第 2 波長域の一部同士が重複してもよいし、第 2 波長域及び第 3 波長域の一部同士が重複してもよいし、第 3 波長域及び第 4 波長域の一部同士が重複してもよい。

【0049】

光学部材 6 は、回転方向 R 1 に回転している状態で、複数種類のシード光 P 2 1 ~ P 2 4 が入射し、第 1 シード光 P 2 1 と第 2 シード光 P 2 2 と第 3 シード光 P 2 3 と第 4 シード光 P 2 4 とを時分割で出射する。

【0050】

(2.6) モータ

モータ 7 (図 1、4 A ~ 4 C 参照) は、光学部材 6 を回転させる。より詳細には、モータ 7 は、光学部材 6 を光学部材 6 の回転中心軸 A 6 のまわりで回転させる。モータ 7 は、例えば、直流モータである。モータ 7 は、上述のモータ駆動回路 11 によって駆動される。

【0051】

10

20

30

40

50

モータ7は、モータ本体70と、モータ本体70から一部が突出している回転軸71と、を備える。モータ7では、回転軸71が光学部材6に連結されている。モータ7の回転軸71の回転速度は、制御部8によって制御される。より詳細には、モータ7の回転軸71の回転速度は、モータ駆動回路11が制御部8によって制御されてモータ7を駆動することによって決まる。

【0052】

(2.7) 第1駆動回路

第1駆動回路9(図1参照)は、第1固体光源2を駆動する。第1駆動回路9は、例えば、第1電源回路と第1固体光源2との間に接続される、第1抵抗と第1スイッチング素子との直列回路を含む。第1駆動回路9は、第1固体光源2へ駆動電流を供給することで、第1固体光源2を点灯させる。第1駆動回路9は、制御部8によって第1スイッチング素子がオンされることにより、第1固体光源2を点灯させ、制御部8によって第1スイッチング素子がオフされることにより、第1固体光源2を消灯させる。第1スイッチング素子は、例えば、MOSFETであるが、これに限らず、例えば、MOSFET以外のFET又はバイポーラトランジスタであってもよい。第1電源回路は、光源システム1の構成要素に含まれないが、これに限らず、含まれてもよい。

10

【0053】

(2.8) 第2駆動回路

第2駆動回路10(図1参照)は、第2固体光源4を駆動する。第2駆動回路10は、例えば、第2電源回路と第2固体光源4との間に接続される、第2抵抗と第2スイッチング素子との直列回路を含む。第2駆動回路10は、第2固体光源4へ駆動電流を供給することで、第2固体光源4を点灯させる。第2駆動回路10は、制御部8によって第2スイッチング素子がオンされることにより、第2固体光源4を点灯させ、制御部8によって第2スイッチング素子がオフされることにより、第2固体光源4を消灯させる。光源システム1では、第2スイッチング素子は、制御部8によってPWM制御される。これにより、制御部8は、第2固体光源4をPWM制御する。第2スイッチング素子は、例えば、MOSFETであるが、これに限らず、例えば、MOSFET以外のFET又はバイポーラトランジスタであってもよい。第2電源回路は、光源システム1の構成要素に含まれないが、これに限らず、含まれてもよい。

20

【0054】

(2.9) モータ駆動回路

モータ駆動回路11(図1参照)は、モータ7を駆動する。より詳細には、モータ駆動回路11は、制御部8によって制御されてモータ7の回転軸71を回転させる。

30

【0055】

モータ駆動回路11には、例えば、第3電源回路から電源電圧が供給される。第3電源回路は、光源システム1の構成要素に含まれないが、これに限らず、含まれてもよい。

【0056】

(2.10) 制御部

制御部8(図1参照)は、第1固体光源2、第2固体光源4及びモータ7を制御する。制御部8は、第1駆動回路9を制御することによって第1固体光源2を制御する。より詳細には、制御部8は、第1駆動回路9を制御することによって第1固体光源2の出力を制御する。制御部8は、第2駆動回路10を制御することによって第2固体光源4を制御する。より詳細には、制御部8は、第2駆動回路10を制御することによって第2固体光源4の出力を制御する。制御部8は、モータ駆動回路11を制御することによってモータ7を制御する。より詳細には、制御部8は、モータ駆動回路11を制御することによってモータ7の回転速度等を制御する。

40

【0057】

制御部8は、例えば、図5に示すように、第2固体光源4を一定周期 T_0 でパルス点滅駆動するように第2固体光源4をPWM制御する。より詳細には、制御部8は、第2駆動回路10の第2スイッチング素子を一定周期 T_0 でPWM制御することによって、第2固

50

体光源 4 を P W M 制御する。制御部 8 は、一定周期 T_0 と同じ時間の第 1 期間 T_1 に第 2 波長変換部 5 からの光が第 1 透過部 6 1 に入射可能となり、一定周期 T_0 と同じ時間の第 2 期間 T_2 に第 2 波長変換部 5 からの光が第 2 透過部 6 2 に入射可能となり、一定周期 T_0 と同じ時間の第 3 期間 T_3 に第 2 波長変換部 5 からの光が第 3 透過部 6 3 に入射可能となり、一定周期 T_0 と同じ時間の第 4 期間 T_4 に第 2 波長変換部 5 からの光が第 4 透過部 6 4 に入射可能となるように、光学部材 6 の回転を制御する。また、制御部 8 は、第 2 固体光源 4 を P W M 制御することによって、第 1 期間 T_1 、第 2 期間 T_2 、第 3 期間 T_3 及び第 4 期間 T_4 それぞれの第 2 固体光源 4 の点灯期間（図 5 における O N の期間）を制御する。制御部 8 は、第 1 期間 T_1 、第 2 期間 T_2 、第 3 期間 T_3 及び第 4 期間 T_4 をサイクリックに繰り返して第 2 固体光源 4 の点灯期間を制御する。これにより、制御部 8 は、第 1 波長変換部 3 に入射するシード光 $P_{21} \sim P_{24}$ それぞれの強度を調整することができる。したがって、光源システム 1 では、制御部 8 が第 2 固体光源 4 及び光学部材 6 を制御することにより、光源システム 1 から出射させる光（第 1 波長変換部 3 から出射させる光）の調光及び調色が可能となる。制御部 8 は、例えば、光源システム 1 のユーザからの操作入力を受け付ける入力部あるいは外部のコントローラから入力される調光 / 調色の指示情報に基づいて、第 1 期間 T_1 、第 2 期間 T_2 、第 3 期間 T_3 及び第 4 期間 T_4 それぞれの第 2 固体光源 4 の点灯期間（図 5 における O N の期間）を制御する。制御部 8 が第 2 固体光源 4 を P W M 制御するときの周波数（ $1 / T_0$ ）は、フリッカを抑制する観点から、 $200 \text{ Hz} \times M_1$ で求められる周波数であるのが好ましい。したがって、 $M_1 = 4$ の場合、制御部 8 が第 2 固体光源 4 を P W M 制御するときの周波数は、 800 Hz 以上であるのが好ましい。

10

20

【0058】

制御部 8 は、回転している光学部材 6 が回転基準位置に戻るタイミングと、第 2 固体光源 4 を制御する P W M 信号の第 1 期間 T_1 の開始タイミングとが同期するように光学部材 6 の回転を制御する。回転基準位置は、光学部材 6 の回転位置に関して予め定められた基準となる位置を意味し、例えば、第 4 透過部 6 4 と第 1 透過部 6 1 との境界が第 2 波長変換部 5 からの光の入射位置となる位置である。制御部 8 は、光学部材 6 が一回転する時間が、第 1 期間 T_1 と第 2 期間 T_2 と第 3 期間 T_3 と第 4 期間 T_4 との合計時間と同じになるようにモータ 7 を制御する。

【0059】

制御部 8 は、光学部材 6 の回転基準位置からの回転角度を検出する検出部からの検出信号に基づいて、光学部材 6 が回転基準位置に戻るタイミングと第 1 期間 T_1 の開始タイミングとが同期するようにモータ駆動回路 11 を制御する。光学部材 6 の回転基準位置からの回転角度は、光学部材 6 の回転位置と回転基準位置との位相差に対応する。検出部は、例えば、フォトインタラプタ又はホール素子等で構成され、光学部材 6 が回転基準位置に戻った時に検出信号を出力する。

30

【0060】

制御部 8 は、例えば、コンピュータシステムを含んでいる。コンピュータシステムは、ハードウェアとしてのプロセッサ及びメモリを主構成とする。コンピュータシステムのメモリに記録されたプログラムをプロセッサが実行することによって、制御部 8 としての機能が実現される。プログラムは、コンピュータシステムのメモリに予め記録されてもよく、電気通信回線を通じて提供されてもよく、コンピュータシステムで読み取り可能なメモリカード、光学ディスク、ハードディスクドライブ等の非一時的記録媒体に記録されて提供されてもよい。コンピュータシステムのプロセッサは、半導体集積回路（I C）又は大規模集積回路（L S I）を含む 1 ないし複数の電子回路で構成される。ここでいう I C 又は L S I 等の集積回路は、集積の度合いによって呼び方が異なっており、システム L S I、V L S I（Very Large Scale Integration）、又は U L S I（Ultra Large Scale Integration）と呼ばれる集積回路を含む。さらに、L S I の製造後にプログラムされる、F P G A（Field-Programmable Gate Array）、又は L S I 内部の接合関係の再構成若しくは L S I 内部の回路区画の再構成が可能な論理デバイスについても、プロセッサとし

40

50

て採用することができる。複数の電子回路は、1つのチップに集約されていてもよいし、複数のチップに分散して設けられていてもよい。複数のチップは、1つの装置に集約されていてもよいし、複数の装置に分散して設けられていてもよい。ここでいうコンピュータシステムは、1以上のプロセッサ及び1以上のメモリを有するマイクロコントローラを含む。したがって、マイクロコントローラについても、半導体集積回路又は大規模集積回路を含む1ないし複数の電子回路で構成される。

【0061】

(3) 光源システムの動作

光源システム1では、第1固体光源2から第1励起光P1を出射させ、かつ、第2固体光源4から第2励起光P2を出射させる。これにより、光源システム1では、第1励起光P1を第1波長変換部3に入射させ、かつ、第2励起光P2を第2波長変換部5に入射させる。ここにおいて、制御部8は、第2固体光源4をPWM制御する。また、光源システム1では、制御部8が光学部材6を回転させる。これにより、光源システム1では、第1期間T1、第2期間T2、第3期間T3及び第4期間T4をサイクリックに繰り返して第2固体光源4の点灯期間を制御する。これにより、制御部8は、第1波長変換部3に入射するシード光P21~P24それぞれの強度を調整することができる。したがって、光源システム1では、制御部8が第2固体光源4及び光学部材6を制御することにより、光源システム1から出射させる光(第1波長変換部3から出射させる光)の調光及び調色が可能となる。光源システム1では、第1波長変換部3から出射される光は、第1シード光P21と同じ波長の誘導放出光P11と、第2シード光P22と同じ波長の誘導放出光P12と、第3シード光P23と同じ波長の誘導放出光P13と、第4シード光P24と同じ波長の誘導放出光P14と、を含み得る。また、第1波長変換部3から出射される光は、第1励起光P1と同じ波長の光(第1励起光P1の一部)及び第2励起光P2と同じ波長の光(第2励起光P2の一部)を含み得る。誘導放出光P11、P12、P13及びP14の強度は、それぞれ、シード光P21、P22、P23及びP24の強度よりも大きい。

【0062】

(4) まとめ

実施形態1に係る光源システム1は、第1固体光源2と、第1波長変換部3と、第2固体光源4と、第2波長変換部5と、光学部材6と、モータ7と、制御部8と、を備える。第1固体光源2は、第1励起光P1を出射する。第1波長変換部3は、第1励起光P1によって励起され第1励起光P1よりも長波長の複数波長の第1自然放出光を発生可能であり、かつ、第1自然放射増幅光によって励起可能な第1波長変換要素を含む光ファイバである。第2固体光源4は、第2励起光P2を出射する。第2波長変換部5は、第2励起光P2によって励起され第2励起光P2よりも長波長の複数波長の第2自然放出光を発生可能であり、かつ、第2自然放射増幅光によって励起可能な第2波長変換要素を含む。光学部材6は、第2波長変換部5と第1波長変換部3との間に配置されている。光学部材6は、複数の波長域の光に対応する複数のフィルタ部60を有する。複数のフィルタ部60は、複数の波長域の光のうち対応する波長域の光を透過する。モータ7は、光学部材6を回転させる。制御部8は、モータ7と第2固体光源4とを制御する。光学部材6では、複数のフィルタ部60が、光学部材6の回転中心軸A6を中心とする円周上に並んでいる。複数の波長域の各々は、第2波長変換部5で発生する複数波長の第2自然放出光のうち少なくとも1つの波長の第2自然放出光の波長を含む。

【0063】

実施形態1に係る光源システム1では、シード光を出射する固体光源を使用しなくても調光及び調色可能となる。

【0064】

また、実施形態1に係る光源システム1は、第1波長変換部3が第1波長変換要素として Pr^{3+} を含有し、第2波長変換部5が第2波長変換要素として Pr^{3+} を含有しているため、第1波長変換部3から出射される緑色の誘導放出光、赤色の誘導放出光それぞれの強度を高めることができる。これにより、実施形態1に係る光源システム1は、第1波長

10

20

30

40

50

変換部 3 から出射される光の演色性を向上させることが可能となる。

【0065】

(実施形態 2)

以下、実施形態 2 に係る光源システム 1 a について、図 6、7 A、7 B 及び 7 C に基づいて説明する。実施形態 2 に係る光源システム 1 a に関し、実施形態 1 に係る光源システム 1 と同様の構成要素には同一の符号を付して説明を省略する。

【0066】

実施形態 2 に係る光源システム 1 a は、実施形態 1 に係る光源システム 1 における光学部材 6 の代わりに、光学部材 6 a を備えている点で、実施形態 1 に係る光源システム 1 と相違する。

【0067】

光源システム 1 a は、光源システム 1 における光学素子 1 2 を備えておらず、第 1 固体光源 2 と光学部材 6 a と第 1 波長変換部 3 とが一直線上に並んでいる。光学部材 6 a は、第 1 固体光源 2 と第 1 波長変換部 3 と間に配置されている。

【0068】

また、光学部材 6 a は、第 2 波長変換部 5 と第 1 波長変換部 3 との間に配置されている。ここにおいて、第 2 波長変換部 5 の光出射部 5 2 と光学部材 6 a との並んでいる方向は、第 1 波長変換部 3 の光入射部 3 1 と光学部材 6 a との並んでいる方向とは直交している。

【0069】

光学部材 6 a は、図 7 A ~ 7 C に示すように、回転板 6 8 a と、複数の波長域の光に対応する複数 (例えば、4 つ) のフィルタ部 6 0 a と、を有する。

【0070】

回転板 6 8 a は、光学部材 6 a の回転中心軸 A 6 a を中心として回転可能である。回転中心軸 A 6 a は、第 1 固体光源 2 と第 1 波長変換部 3 の光入射部 3 1 との並んでいる方向に交差する。このときの 2 つの交差角のうち小さい交差角は、 45° である。この交差角は、厳密に 45° である場合だけに限らず、例えば、 42° 以上 48° 以下の範囲内であればよい。

【0071】

回転板 6 8 a の厚さ方向から見て、回転板 6 8 a の外縁は、円形状である。回転板 6 8 a は、回転板 6 8 a の厚さ方向において第 2 波長変換部 5 側に位置する第 1 主面 6 8 1 a 及び第 1 主面 6 8 1 a とは反対側の第 2 主面 6 8 2 a を有する。回転板 6 8 a は、例えば、モータ 7 の回転軸 7 1 に連結されており、モータ 7 の回転軸 7 1 と一緒に回転する。光学部材 6 a では、モータ 7 の回転軸 7 1 の一部が、回転板 6 8 a の中央の貫通孔 6 8 3 a 内に配置されている。回転板 6 8 a は、その厚さ方向が回転中心軸 A 6 a に沿った方向となるように配置されている。光学部材 6 a は、第 2 波長変換部 5 から出射される光の入射位置が光学部材 6 a の回転中心軸 A 6 a に直交する方向において回転中心軸 A 6 a から離れた位置となるように配置されている。回転中心軸 A 6 a と入射位置との距離は、回転中心軸 A 6 a とフィルタ部 6 0 a との間の最短距離よりも長く、かつ、回転中心軸 A 6 a とフィルタ部 6 0 a の外縁との間の最長距離よりも短い。回転板 6 8 a は、透光性を有し、可視光を透過する。したがって、回転板 6 8 a は、第 1 固体光源 2 から出射された第 1 励起光 P 1 を透過する。回転板 6 8 a は、ガラス基板であるが、これに限らず、例えば、セラミック基板又は樹脂基板であってもよい。

【0072】

光学部材 6 a は、第 2 波長変換部 5 から出射される複数種類のシード光 P 2 1 ~ P 2 4 を反射する。

【0073】

複数のフィルタ部 6 0 a は、複数の波長域の光を反射する反射部 6 1 a ~ 6 4 a を含む。より詳細には、複数のフィルタ部 6 0 a は、複数の反射部 6 1 a ~ 6 4 a と一対一に対応する。光学部材 6 a では、複数のフィルタ部 6 0 a が、光学部材 6 a の回転中心軸 A 6 a を中心とする円周上に並んでいる。光学部材 6 a の回転中心軸 A 6 a に沿った方向から

10

20

30

40

50

見て、光学部材 6 a の外縁は、円形状であり、複数のフィルタ部 6 0 a の各々は、回転中心軸 A 6 a を中心とする扇形状である。フィルタ部 6 0 a の数を $N 2$ とすると、光学部材 6 a の回転中心軸 A 6 a に沿った方向から見て、複数のフィルタ部 6 0 a の各々の中心角は、 $360^\circ / N 2$ である。したがって、 $N 2 = 4$ の場合、光学部材 6 a の回転中心軸 A 6 a に沿った方向から見て、複数のフィルタ部 6 0 a の各々の中心角は、 90° である。複数の波長域の各々は、第 2 波長変換部 5 で発生する複数波長の第 2 自然放出光のうち少なくとも 1 つの波長の第 2 自然放出光の波長を含む。

【 0 0 7 4 】

複数の反射部 6 1 a ~ 6 4 a は、回転板 6 8 a の第 1 主面 6 8 1 a 上に配置されている。複数の反射部 6 1 a ~ 6 4 a の各々は、多層膜ミラーである。光学部材 6 a では、複数の反射部 6 1 a ~ 6 4 a が、光学部材 6 a の回転中心軸 A 6 a を中心とする円周上に並んでいる。複数の反射部 6 1 a ~ 6 4 a は、光学部材 6 a の回転方向、つまり、モータ 7 の回転軸 7 1 の回転方向 R 1 (図 7 A 参照) に沿った方向において、反射部 6 1 a、反射部 6 2 a、反射部 6 3 a 及び反射部 6 4 a の順に並んでいる。複数の反射部 6 1 a ~ 6 4 a は、回転中心軸 A 6 a に沿った方向から見て、回転中心軸 A 6 a を中心とする扇形状である。複数の反射部 6 1 a ~ 6 4 a の数を $M 2 (= N 2)$ とすると、光学部材 6 a の回転中心軸 A 6 a に沿った方向から見て、複数の反射部 6 1 a ~ 6 4 a の各々の中心角は、 $360^\circ / M 2$ である。したがって、 $M 2 = 4$ の場合、光学部材 6 a の回転中心軸 A 6 a に沿った方向から見て、複数の反射部 6 1 a ~ 6 4 a の各々の中心角は、 90° である。

【 0 0 7 5 】

以下では、説明の便宜上、反射部 6 1 a を第 1 反射部 6 1 a と称し、反射部 6 2 a を第 2 反射部 6 2 a と称し、反射部 6 3 a を第 3 反射部 6 3 a と称し、反射部 6 4 a を第 4 反射部 6 4 a と称することもある。また、複数の波長域のうち第 1 反射部 6 1 a に対応する波長域を第 1 波長域と称し、第 2 反射部 6 2 a に対応する波長域を第 2 波長域と称し、第 3 反射部 6 3 a に対応する波長域を第 3 波長域と称し、第 4 反射部 6 4 a に対応する波長域を第 4 波長域と称することもある。

【 0 0 7 6 】

第 1 反射部 6 1 a は、第 1 波長域の光を選択的に反射させる。第 1 波長域は、第 1 シード光 P 2 1 の波長を含み、かつ、第 2 シード光 P 2 2 の波長、第 3 シード光 P 2 3 の波長及び第 4 シード光 P 2 4 の波長を含まない。第 2 反射部 6 2 a は、第 2 波長域の光を選択的に反射させる。第 2 波長域は、第 2 シード光 P 2 2 の波長を含み、第 1 シード光 P 2 1 の波長、第 3 シード光 P 2 3 の波長及び第 4 シード光 P 2 4 の波長を含まない。第 3 反射部 6 3 a は、第 3 波長域の光を選択的に反射させる。第 3 波長域は、第 3 シード光 P 2 3 の波長を含み、第 1 シード光 P 2 1 の波長、第 2 シード光 P 2 2 の波長及び第 4 シード光 P 2 4 の波長を含まない。第 4 反射部 6 4 a は、第 4 波長域の光を選択的に反射させる。第 4 波長域は、第 4 シード光 P 2 4 の波長を含み、第 1 シード光 P 2 1 の波長、第 2 シード光 P 2 2 の波長及び第 3 シード光 P 2 3 の波長を含まない。光学部材 6 a では、第 1 波長域、第 2 波長域、第 3 波長域及び第 4 波長域が互いに重複しないように反射部 6 1 a ~ 6 4 a を設計してあるが、これに限らず、例えば、第 1 波長域及び第 2 波長域の一部同士が重複してもよいし、第 2 波長域及び第 3 波長域の一部同士が重複してもよいし、第 3 波長域及び第 4 波長域の一部同士が重複してもよい。

【 0 0 7 7 】

光学部材 6 a は、回転方向 R 1 に回転している状態で、複数種類のシード光 P 2 1 ~ P 2 4 が入射し、第 1 シード光 P 2 1 と第 2 シード光 P 2 2 と第 3 シード光 P 2 3 と第 4 シード光 P 2 4 とを時分割で出射する。第 1 反射部 6 1 a は、第 1 励起光 P 1 の波長の光を透過する。したがって、光学部材 6 a における回転板 6 8 a の第 2 主面 6 8 2 a に入射した第 1 励起光 P 1 は、第 1 シード光 P 2 1 と同じ第 1 期間 T 1 (図 5 参照) に第 1 波長変換部 3 へ入射される。なお、第 2 反射部 6 2 a、第 3 反射部 6 3 a 及び第 4 反射部 6 4 a は、第 1 励起光 P 1 の波長の光を透過する。

【 0 0 7 8 】

10

20

30

40

50

実施形態 2 に係る光源システム 1 a は、第 1 固体光源 2 と、第 1 波長変換部 3 と、第 2 固体光源 4 と、第 2 波長変換部 5 と、光学部材 6 a と、モータ 7 と、制御部 8 と、を備える。第 1 固体光源 2 は、第 1 励起光 P 1 を出射する。第 1 波長変換部 3 は、第 1 励起光 P 1 によって励起され第 1 励起光 P 1 よりも長波長の複数波長の第 1 自然放出光を発生可能であり、かつ、第 1 自然放射増幅光によって励起可能な第 1 波長変換要素を含む光ファイバである。第 2 固体光源 4 は、第 2 励起光 P 2 を出射する。第 2 波長変換部 5 は、第 2 励起光 P 2 によって励起され第 2 励起光 P 2 よりも長波長の複数波長の第 2 自然放出光を発生可能であり、かつ、第 2 自然放射増幅光によって励起可能な第 2 波長変換要素を含む。光学部材 6 a は、第 2 波長変換部 5 と第 1 波長変換部 3 との間に配置されている。光学部材 6 a は、複数の波長域の光に対応する複数のフィルタ部 6 0 a を有する。複数のフィルタ部 6 0 a は、複数の波長域の光のうち対応する波長域の光を反射する。モータ 7 は、光学部材 6 a を回転させる。制御部 8 は、モータ 7 と第 2 固体光源 4 とを制御する。光学部材 6 a では、複数のフィルタ部 6 0 a が、光学部材 6 a の回転中心軸 A 6 a を中心とする円周上に並んでいる。複数の波長域の各々は、第 2 波長変換部 5 で発生する複数波長の第 2 自然放出光のうち少なくとも 1 つの波長の第 2 自然放出光の波長を含む。

10

【 0 0 7 9 】

実施形態 2 に係る光源システム 1 a では、シード光を出射する固体光源を使用しなくても調光及び調色可能となる。

【 0 0 8 0 】

(変形例)

上記の実施形態 1 ~ 2 は、本開示の様々な実施形態の一つに過ぎない。上記の実施形態 1 ~ 2 は、本開示の目的を達成できれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。

20

【 0 0 8 1 】

例えば、光源システム 1、1 a では、制御部 8 は、第 1 固体光源 2 と第 2 固体光源 4 とモータ 7 とを制御する構成に限らず、第 2 固体光源 4 とモータ 7 とを制御するように構成されていてもよい。この場合、光源システム 1、1 a は、例えば、制御部 8 である第 1 制御部 8 とは別に、第 1 固体光源 2 を制御する第 2 制御部を備えていてもよい。

【 0 0 8 2 】

また、第 1 固体光源 2 に含まれるレーザ光源は、青色のレーザ光を出射する半導体レーザに限らず、例えば、紫色のレーザ光を出射する半導体レーザであってもよい。また、第 1 固体光源 2 は、半導体レーザに限らず、例えば、LED (Light Emitting Diode) 光源と光学系とを含む構成であってもよい。

30

【 0 0 8 3 】

また、第 2 固体光源 4 に含まれるレーザ光源は、青色のレーザ光を出射する半導体レーザに限らず、例えば、紫色のレーザ光を出射する半導体レーザであってもよい。また、第 2 固体光源 4 は、半導体レーザに限らず、例えば、LED 光源と光学系とを含む構成であってもよい。

【 0 0 8 4 】

また、第 2 励起光 P 2 の波長は、第 1 励起光 P 1 の波長と同じである場合に限らず、異なる波長であってもよい。

40

【 0 0 8 5 】

また、第 2 波長変換部 5 は、光ファイバである場合に限らず、光ロッドであってもよい。光ロッドは、光ファイバと同様のコア及びクラッドを有する。光ロッドの直径は、光ファイバのコアの直径よりも大きい。光ロッドは、可撓性を有さない。光ファイバは可撓性を有する繊維状であるのに対して、光ロッドは可撓性を有さない棒状である。

【 0 0 8 6 】

また、光源システム 1、1 a では、第 1 波長変換部 3 が第 1 波長変換要素として複数種類の第 1 波長変換要素を含み、第 2 波長変換要素が第 2 波長変換要素として複数種類の第 2 波長変換要素を含んでもよい。この場合、光源システム 1、1 a は、第 2 波長変換要素からの第 2 自然放射増幅光により第 1 波長変換要素を励起して、第 1 波長変換要素から、

50

第2波長変換要素からの第2自然放射増幅光とは異なる波長の第1自然放射増幅光を発生させることが可能となる。より詳細には、例えば、第1波長変換部3が第1波長変換要素として例えば $P r^{3+}$ と $T b^{3+}$ とを含んでいる場合、第2波長変換部5が第2波長変換要素として例えば $P r^{3+}$ と $T b^{3+}$ とを含んでいてもよいし、第2波長変換部5が第2波長変換要素として例えば $P r^{3+}$ と $D y^{3+}$ とを含んでいてもよい。

【0087】

また、光源システム1では、上述のように第1励起光P1が青色光の場合、光学部材6は、第1波長域の光を透過する第1透過部61を有していない構成であってもよい。この場合、回転中心軸A6に沿った方向から見て扇形状の第2透過部62、第3透過部63及び第4透過部64の各々の中心角を 120° としてもよい。この場合、光学部材6は、例

10

【0088】

また、モータ7の回転軸71の回転方向R1（図4A参照）に沿った方向において、第1透過部61、第2透過部62、第3透過部63及び第4透過部64の並んでいる順は、上述の例に限らず、例えば、第1透過部61、第3透過部63、第2透過部62及び第4透過部64の順であってもよい。

【0089】

また、光源システム1では、上述のように第2励起光P2が青色光の場合、光学部材6は、4つのフィルタ部60の各々の中心角を 72° とし、回転板68において第2励起光P2を透過する扇形状の領域の中心角を 72° としてもよい。

20

【0090】

また、光源システム1の一変形例では、第1固体光源2と光学素子12と第1波長変換部3の光入射部31とが一直線上に並んでおり、光学素子12が、第1励起光P1を透過し、シード光P21～P24を反射するように構成されていてもよい。

【0091】

また、光学部材6は、回転板68の半径が回転中心軸A6と入射位置との距離よりも短い円形状であり、回転板68の側縁に第1透過部61、第2透過部62、第3透過部63及び第4透過部64が配置された構成であってもよい。

【0092】

また、光学素子12は、ダイクロイックミラーに限らず、例えば、プリズムであってもよい。

30

【0093】

また、モータ7の回転軸71の回転方向R1（図7A参照）に沿った方向において、第1反射部61a、第2反射部62a、第3反射部63a及び第4反射部64aの並んでいる順は、上述の例に限らず、例えば、第1反射部61a、第3反射部63a、第2反射部62a及び第4反射部64aの順であってもよい。

【0094】

制御部8は、第2固体光源4をPWM制御する例に限らず、他の制御方式で第2固体光源4を制御してもよい。

40

【0095】

（態様）

以上説明した実施形態1～2等から本明細書には以下の態様が開示されている。

【0096】

第1の態様に係る光源システム(1; 1a)は、第1固体光源(2)と、第1波長変換部(3)と、第2固体光源(4)と、第2波長変換部(5)と、光学部材(6; 6a)と、モータ(7)と、制御部(8)と、を備える。第1固体光源(2)は、第1励起光(P1)を出射する。第1波長変換部(3)は、第1励起光(P1)によって励起され第1励起光(P1)よりも長波長の複数波長の第1自然放射光を発生可能であり、かつ、第1自然放射増幅光によって励起可能な第1波長変換要素を含む光ファイバである。第2固体光

50

源(4)は、第2励起光(P2)を出射する。第2波長変換部(5)は、第2励起光(P2)によって励起され第2励起光(P2)よりも長波長の複数波長の第2自然放出光を発生可能であり、かつ、第2自然放射増幅光によって励起可能な第2波長変換要素を含む。光学部材(6;6a)は、第2波長変換部(5)と第1波長変換部(3)との間に配置されている。光学部材(6;6a)は、複数の波長域の光に対応する複数のフィルタ部(60;60a)を有する。モータ(7)は、光学部材(6;6a)を回転させる。制御部(8)は、モータ(7)と第2固体光源(4)とを制御する。光学部材(6)では、複数のフィルタ部(60;60a)が、光学部材(6;6a)の回転中心軸(A6;A6a)を中心とする円周上に並んでいる。複数の波長域の各々は、第2波長変換部(5)で発生する複数波長の第2自然放出光のうち少なくとも1つの波長の第2自然放出光の波長を含む。

10

【0097】

第1の態様に係る光源システム(1;1a)は、シード光を出射する固体光源を使用しなくても調光及び調色可能となる。

【0098】

第2の態様に係る光源システム(1;1a)では、第1の態様において、第2波長変換部(5)は、光ファイバである。

【0099】

第2の態様に係る光源システム(1;1a)は、例えば、第2波長変換部(5)を構成する光ファイバのコア径と第1波長変換部(3)を構成する光ファイバのコア径とを同じとすることにより、第2波長変換部(5)から出射される光を第1波長変換部(3)へ光結合させやすい。

20

【0100】

第3の態様に係る光源システム(1;1a)では、第1又は2の態様において、第2波長変換要素は、第1波長変換要素と同じ種類の元素である。

【0101】

第3の態様に係る光源システム(1;1a)は、第2波長変換要素で発生した複数種類の第2自然放出光と同じ波長の複数の光を第1波長変換部(3)に入射させるシード光(P21~P24)として利用することが可能となる。

【0102】

第4の態様に係る光源システム(1)では、第1~3の態様のいずれか一つにおいて、複数のフィルタ部(60)は、回転中心軸(A6)を中心とする円周上に並んでおり互いに異なる波長域の光を透過する複数の透過部(61~64)を含む。

30

【0103】

第5の態様に係る光源システム(1a)では、第1~3の態様のいずれか一つにおいて、複数のフィルタ部(60a)は、回転中心軸(A6a)を中心とする円周上に並んでおり互いに異なる波長域の光を反射する複数の反射部(61a~64a)を含む。

【0104】

第6の態様に係る光源システム(1)は、第4の態様において、光学素子(12)を更に備える。光学素子(12)は、光学部材(6)と第1波長変換部(3)との間に配置されている。光学素子(12)は、光学部材(6)側からの光を第1波長変換部(3)側へ透過し、かつ、第1固体光源(2)から出射される第1励起光(P1)を第1波長変換部(3)へ向けて反射する。

40

【0105】

第6の態様に係る光源システム(1)は、第2波長変換部(5)の光出射部(52)と光学部材(6)と第1波長変換部(3)の光入射部(31)とを一直線上に並べることが可能となり、第2波長変換部(5)から出射される光を第1波長変換部(3)に光結合させやすい。

【0106】

第7の態様に係る光源システム(1;1a)では、第4~6の態様のいずれか一つにおいて、複数の波長域は、510nm以上550nm以下の波長域と、620nm以上65

50

0 nm以下の波長域と、を含む。

【0107】

第7の態様に係る光源システム(1; 1a)は、第2波長変換部(5)から出射される光であって、510 nm以上550 nm以下の波長域内の波長の光と、620 nm以上650 nm以下の波長域内の波長の光と、を第1波長変換部(3)へ入射させることが可能となる。

【0108】

第8の態様に係る光源システム(1; 1a)では、第1~7の態様のいずれか一つにおいて、第2固体光源(4)は、レーザ光源を含む。

【0109】

第8の態様に係る光源システム(1; 1a)は、第2励起光(P2)の強度を高めることができる。

【0110】

第9の態様に係る光源システム(1; 1a)では、第1~8の態様のいずれか一つにおいて、制御部(8)は、第2固体光源(4)をPWM制御する。

【0111】

第9の態様に係る光源システム(1; 1a)は、第2固体光源(4)をPWM制御することにより、第1波長変換部(3)から出射する光の調光及び調色が可能となる。

【0112】

第10の態様に係る光源システム(1; 1a)では、第4~7の態様のいずれか一つにおいて、制御部(8)は、第2固体光源(4)をPWM制御する。複数の波長域は、4つの波長域である。制御部(8)が第2固体光源(4)をPWM制御するときの周波数は、800 Hz以上である。

【0113】

第10の態様に係る光源システム(1; 1a)は、フリッカを抑制することが可能となる。

【0114】

第11の態様に係る光源システム(1; 1a)では、第1~10の態様のいずれか一つにおいて、第1波長変換要素及び第2波長変換要素の各々は、Pr、Tb、Ho、Dy、Er、Eu、Nd及びMnの群から選択される元素を含む。

【符号の説明】

【0115】

- 1、1a 光源システム
- 2 第1固体光源
- 3 第1波長変換部
- 31 光入射部
- 4 第2固体光源
- 5 第2波長変換部
- 52 光出射部
- 6、6a 光学部材
- 60、60a フィルタ部
- 61~64 透過部
- 61a~64a 反射部
- 7 モータ
- 8 制御部
- 12 光学素子
- A6、A6a 回転中心軸
- P1 第1励起光
- P2 第2励起光

10

20

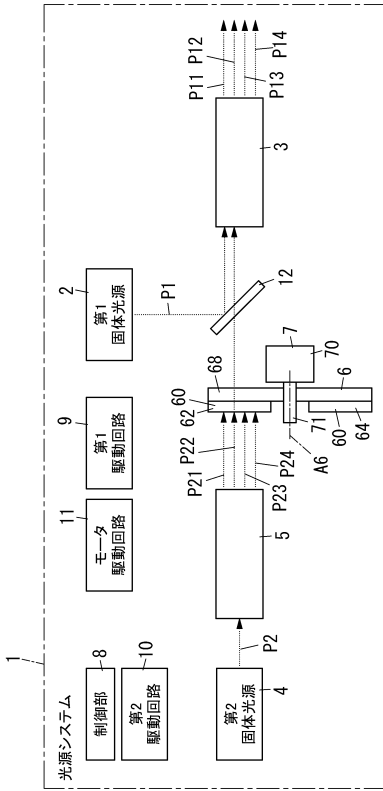
30

40

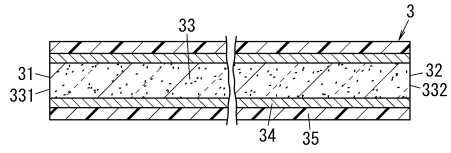
50

【図面】

【図 1】



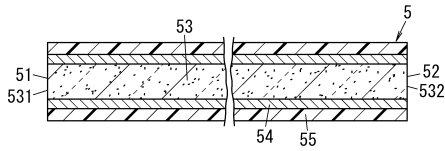
【図 2】



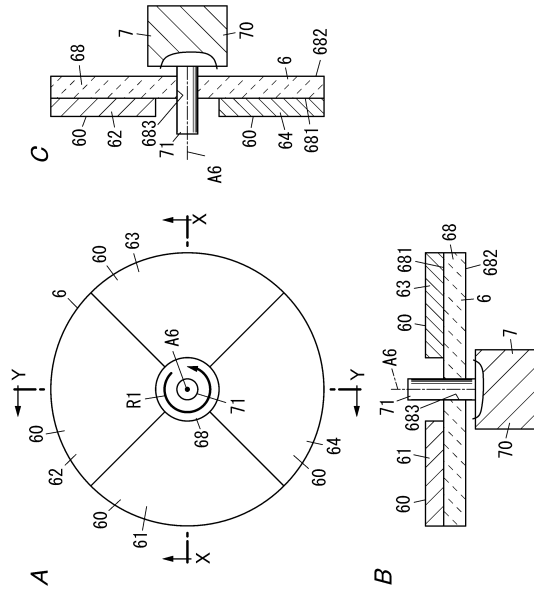
10

20

【図 3】



【図 4】

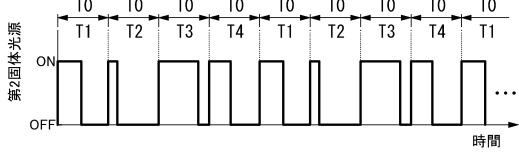


30

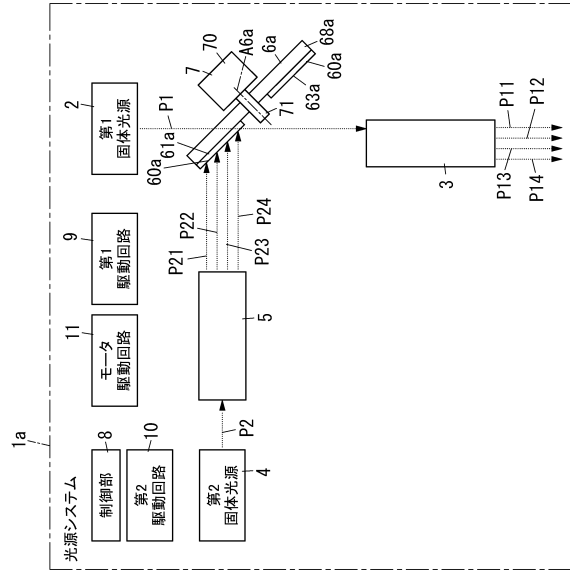
40

50

【図5】

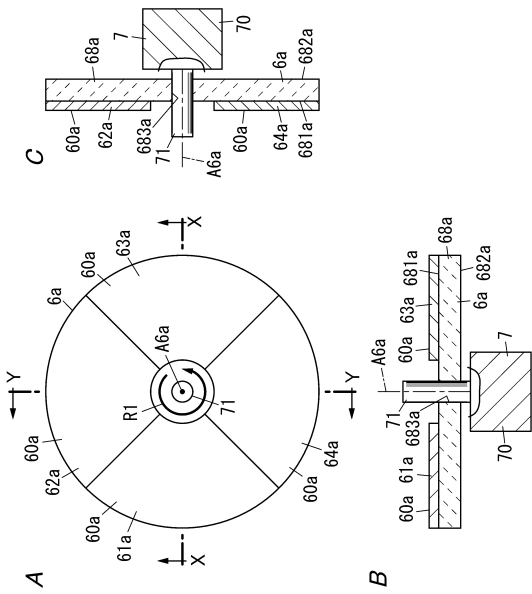


【図6】



10

【図7】



20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類		F I		
<i>F 2 1 V</i>	<i>9/40 (2018.01)</i>	<i>F 2 1 V</i>	<i>9/40</i>	<i>2 0 0</i>
<i>G 0 3 B</i>	<i>21/00 (2006.01)</i>	<i>G 0 3 B</i>	<i>21/00</i>	<i>D</i>
<i>G 0 3 B</i>	<i>21/14 (2006.01)</i>	<i>G 0 3 B</i>	<i>21/14</i>	<i>A</i>
<i>H 0 1 S</i>	<i>3/067(2006.01)</i>	<i>H 0 1 S</i>	<i>3/067</i>	
<i>F 2 1 Y</i>	<i>115/30 (2016.01)</i>	<i>F 2 1 Y</i>	<i>115:30</i>	

- (56)参考文献 特開 2 0 2 2 - 0 0 2 1 8 0 (J P , A)
 特開 2 0 0 3 - 1 7 4 2 2 0 (J P , A)
 国際公開第 2 0 2 1 / 0 5 2 9 0 0 (W O , A 1)

- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- F 2 1 S* *2 / 0 0*
 - F 2 1 V* *7 / 0 9*
 - F 2 1 V* *7 / 2 2*
 - F 2 1 V* *8 / 0 0*
 - F 2 1 V* *9 / 3 2*
 - F 2 1 V* *9 / 4 0*
 - G 0 3 B* *2 1 / 0 0*
 - G 0 3 B* *2 1 / 1 4*
 - H 0 1 S* *3 / 0 6 7*
 - F 2 1 Y* *1 1 5 / 3 0*