(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 9 月 29 日(29.09.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/152404 A1

(51) 国際特許分類:
H01S 5/068 (2006.01) *H01S 5/14* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/056203

(22) 国際出願日: 2016 年 3 月 1 日(01.03.2016)

(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 2015-062039 2015 年 3 月 25 日(25.03.2015) JP

(71) 出願人: 株式会社アマダホールディングス (AMADA HOLDINGS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2591196 神奈川県伊勢原市石田２００番地 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 臼田　かおり (USUDA, Kaori); 〒2591196 神奈川県伊勢原市石田２００番地 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 三好　秀和，外 (MIYOSHI, Hidekazu et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目２番８号 虎ノ門琴平タワー Tokyo (JP).

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

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: SEMICONDUCTOR LASER OSCILLATOR

(54) 発明の名称 : 半導体レーザ発振器

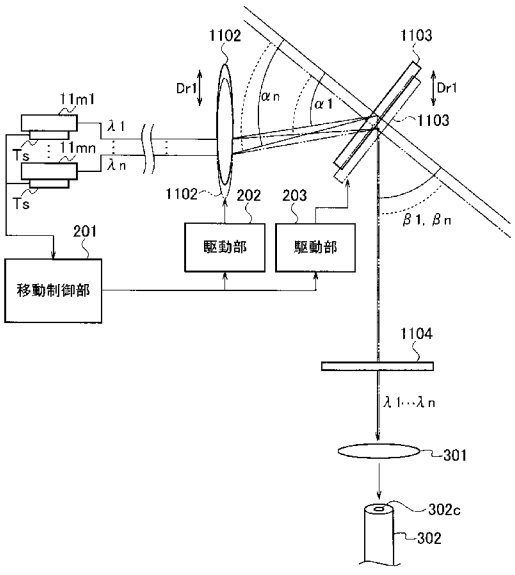


FIG. 4:
201 Movement control unit
202, 203 Drive unit

(57) **Abstract**: This semiconductor laser oscillator is provided with laser diode modules (11m1 to 11mn). Temperature sensors (TS) detect directly or indirectly a temperature of at least one of the laser diode modules (11m1 to 11mn). A collimating lens (1102) collimates laser beams emitted from the laser diode modules (11m1 to 11mn). A grating (1103) performs spectral beam combining of the laser beams emitted from the collimating lens (1102). An incident-angle changing mechanism (a movement control unit 201 and drive units 202 and 203) changes incident angles at which the laser beams emitted from the collimating lens (1102) are incident on the grating (1103), according to the temperature detected by the temperature sensor (TS).

(57) 要約: 半導体レーザ発振器は、レーザダイオードモジュール（11m1～11mn）を備える。温度センサ（ＴＳ）は、レーザダイオードモジュール（11m1～11mn）のうちの少なくとも１つの温度を直接的または間接的に検出する。コリメートレンズ（1102）は、レーザダイオードモジュール（11m1～11mn）より射出されたそれぞれのレーザを平行光化する。グレーティング（1103）は、コリメートレンズ（1102）より射出されたそれぞれのレーザをスペクトルビーム結合させる。入射角可変機構（移動制御部２０１、駆動部２０２及び２０３）は、温度センサ（ＴＳ）が検出した温度に応じて、コリメートレンズ（1102）より射出されたレーザをグレーティング（1103）に入射させるそれぞれのレーザの入射角を変化させる。

WO 2016/152404 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 半導体レーザ発振器

技術分野

[0001] 本開示は、レーザを射出する半導体レーザ発振器に関する。

背景技術

[0002] 従来、半導体レーザ発振器は固体レーザやファイバレーザの励起用途に多く利用されてきており、高輝度化の達成により直接加工に用いるダイレクトダイオードレーザ（ＤＤＬ）の加工機が普及している。ＤＤＬ発振器として、高出力のシングルエミッタのレーザダイオードを複数使用した発振器がある。このＤＤＬ発振器は、複数の波長のそれぞれにロックさせスペクトルビーム結合したレーザを射出する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１２－１７４７２０号公報

発明の概要

[0004] ＤＤＬ発振器においては、スペクトルビームを結合させることにより、高出力・高輝度を達成している。複数の波長のレーザのスペクトルビーム結合を実現させるためには、各波長のスペクトルを狭帯域とする必要がある。そこで、ＤＤＬ発振器は、外部共振器によって、レーザを複数の所望の波長にロックさせる。

[0005] このとき、波長ロック効率が高いほど効率的にスペクトルビーム結合させることができ、高効率なレーザ出力が得られる。波長ロック効率を高くするためには、レーザダイオードの材料とロック波長を最適化する必要がある。

[0006] レーザダイオードは温度によってレーザの波長がシフトする特性を有する。レーザダイオードの温度が低いコールドスタート時や低出力時、または短パルス発振時には、波長ロック効率が低くなり、波長結合したレーザダイオードの効率も低くなる。

[0007] 波長ロック効率が低く、ロック波長以外の波長で発振したレーザは、本来の光軸から外れて射出すべきレーザの損失を増大させる。すると、その損失が、半導体レーザ発振器の内部の発熱や伝送ファイバ入射部の局部的発熱を発生させる。よって、半導体レーザ発振器の性能を最大限に発揮することができない。

[0008] 実施形態は、レーザダイオードの温度が低い状態であっても高効率な波長ロック効率を維持することができる半導体レーザ発振器を提供することを目的とする。

[0009] 実施形態の一態様によれば、複数のレーザダイオードモジュールと、前記複数のレーザダイオードモジュールのうちの少なくとも１つのレーザダイオードモジュールの温度を直接的または間接的に検出する温度センサと、前記レーザダイオードモジュールより射出されたそれぞれのレーザを平行光化するコリメートレンズと、前記コリメートレンズより射出されたそれぞれのレーザをスペクトルビーム結合させるグレーティングと、前記温度センサが検出した温度に応じて、前記コリメートレンズより射出されたレーザを前記グレーティングに入射させるそれぞれのレーザの入射角を変化させる入射角可変機構とを備えることを特徴とする半導体レーザ発振器が提供される。

[0010] 上記の構成において、前記入射角可変機構の第１の構成例は、前記コリメートレンズ及び前記グレーティングを前記コリメートレンズの光軸に直交する方向に移動させる駆動部と、前記温度センサが検出した温度に応じて前記駆動部による前記コリメートレンズ及び前記グレーティングの移動を制御する移動制御部とを含んで構成される。

[0011] 上記の構成において、前記入射角可変機構の第２の構成例は、前記グレーティングをレーザの入射角を変化させる方向に回転させる第１の駆動部と、前記グレーティングから射出されるレーザが入射される全反射ミラーと、前記第１の駆動部が前記グレーティングを回転させることによる前記グレーティングから射出されるレーザの光軸のずれを補正するよう前記全反射ミラーを移動させる第２の駆動部と、前記温度センサが検出した温度に応じて前記

第１の駆動部による前記グレーティングの回転と前記第２の駆動部による前記全反射ミラーの移動を制御する回転・移動制御部とを含んで構成される。

[0012] 上記の構成において、前記入射角可変機構の第３の構成例は、前記コリメートレンズの前段に配置された合成石英基板と、前記グレーティングに入射するレーザの入射角を変化させるよう前記合成石英基板を回転させる駆動部と、前記温度センサが検出した温度に応じて前記駆動部による前記合成石英基板の回転を制御する回転制御部とを含んで構成される。

[0013] 実施形態の半導体レーザ発振器によれば、レーザダイオードの温度が低い状態であっても高効率な波長ロック効率を維持することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]図１は、一実施形態の半導体レーザ発振器を備えるレーザ加工機の全体的な構成例を示す斜視図である。

[図2]図２は、一実施形態の半導体レーザ発振器を示すブロック図である。

[図3]図３は、図２中のＤＤＬユニットの具体的な構成図である。

[図4]図４は、一実施形態の半導体レーザ発振器が備える入射角可変機構の第１の構成例を示す図である。

[図5]図５は、一実施形態の半導体レーザ発振器が備える入射角可変機構の第２の構成例を示す図である。

[図6]図６は、一実施形態の半導体レーザ発振器が備える入射角可変機構の第３の構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、一実施形態の半導体レーザ発振器について、添付図面を参照して説明する。まず、一実施形態の半導体レーザ発振器を備えるレーザ加工機の全体的な構成及び動作を説明する。

[0016] 図１に示すレーザ加工機１００は、レーザによって被加工材を切断加工するレーザ切断加工機である場合を例とする。レーザ加工機は、レーザによって被加工材を溶接加工するレーザ溶接加工機、レーザによって被加工材の表面を改質する表面改質装置、レーザによって被加工材にマーキングするマー

キング装置であってもよい。

[0017] レーザ加工機１００は、レーザＬＢを生成して射出するレーザ発振器１１と、レーザ加工ユニット１５と、レーザＬＢをレーザ加工ユニット１５へと伝送するプロセスファイバ１２とを備える。

[0018] レーザ発振器１１は、一例としてＤＤＬ発振器である。以下、レーザ発振器１１をＤＤＬ発振器１１と称する。ＤＤＬ発振器１１の具体的構成及び動作については後に詳述する。レーザ発振器１１は波長ロック機構を有していればよく、ＤＤＬ発振器に限定されない。

[0019] プロセスファイバ１２は、レーザ加工ユニット１５に配置されたＸ軸及びＹ軸のケーブルダクト（図示せず）に沿って装着されている。

[0020] レーザ加工ユニット１５は、被加工材Ｗを載せる加工テーブル２１と、加工テーブル２１上でＸ軸方向に移動自在である門型のＸ軸キャリッジ２２と、Ｘ軸キャリッジ２２上でＸ軸に垂直なＹ軸方向に移動自在であるＹ軸キャリッジ２３とを有する。また、レーザ加工ユニット１５は、Ｙ軸キャリッジ２３に固定されたコリメータユニット２９を有する。

[0021] コリメータユニット２９は、プロセスファイバ１２の出力端から射出されたレーザＬＢを略平行光束とするコリメートレンズ２８と、略平行光束に変換されたレーザＬＢをＸ軸及びＹ軸に垂直なＺ軸方向下方に向けて反射させるベンドミラー２５とを有する。また、コリメータユニット２９は、ベンドミラー２５で反射したレーザＬＢを集光させる集光レンズ２７と、加工ヘッド２６とを有する。

[0022] コリメートレンズ２８、ベンドミラー２５、集光レンズ２７、加工ヘッド２６は、予め光軸が調整された状態でコリメータユニット２９内に固定されている。焦点位置を補正するために、コリメートレンズ２８がＸ軸方向に移動するように構成されていてもよい。

[0023] コリメータユニット２９は、Ｙ軸方向に移動自在のＹ軸キャリッジ２３に固定され、Ｙ軸キャリッジ２３は、Ｘ軸方向に移動自在のＸ軸キャリッジ２２に設けられている。よって、レーザ加工ユニット１５は、加工ヘッド２６

から射出されるレーザＬＢを被加工材Ｗに照射する位置を、Ｘ軸方向及びＹ軸方向に移動させることができる。

[0024] 以上の構成によって、レーザ加工機１００は、ＤＤＬ発振器１１より射出されたレーザＬＢをプロセスファイバ１２によってレーザ加工ユニット１５へと伝送させ、高エネルギ密度の状態で被加工材Ｗに照射して被加工材Ｗを切断加工することができる。

[0025] なお、被加工材Ｗを切断加工するとき、被加工材Ｗには溶融物を除去するためのアシストガスが噴射される。図１では、アシストガスを噴射する構成については図示を省略している。

[0026] 次に、図２を用いて、ＤＤＬ発振器１１の具体的な構成を説明する。図２に示すように、ＤＤＬ発振器１１は、ＤＤＬユニット11u1～11unのｎ個のＤＤＬユニットと、ＤＤＬユニット11u1～11unそれぞれより射出されたレーザを空間ビーム結合させるコンバイナ１１２とを有する。

[0027] また、ＤＤＬ発振器１１は、ＤＤＬユニット11u1～11unに電力を供給する電力供給部１１３と、ＤＤＬ発振器１１を制御する制御部１１４とを有する。

[0028] ＤＤＬユニット11u1～11unのうちのいずれかを特定しないＤＤＬユニットをＤＤＬユニット１１ｕと称することとする。ＤＤＬユニット１１ｕの個数ｎは１以上であり、射出するレーザＬＢの必要とする出力に応じて適宜設定すればよい。なお、ＤＤＬユニット１１ｕが１個の場合は、コンバイナを必要としない。

[0029] 図３を用いて、ＤＤＬユニット１１ｕの基本的な構成及び動作を説明する。ＤＤＬユニット１１ｕは、レーザダイオードモジュール11m1～11mnよりなるｎ個のレーザダイオードモジュールを有する。

[0030] レーザダイオードモジュール11m1～11mnのうちのいずれかを特定しないレーザダイオードモジュールをレーザダイオードモジュール１１ｍと称することとする。レーザダイオードモジュール１１ｍの個数ｎも適宜設定すればよい。

[0031] それぞれのレーザダイオードモジュール１１ｍは、複数のレーザダイオードが直列に接続されて構成されている。レーザダイオードの個数は例えば１４個である。レーザダイオードモジュール１１ｍのそれぞれでロックさせるレーザの波長が異なる。

[0032] レーザダイオードモジュール11m1～11mnは、各レーザダイオードが光ファイバ11f1～11fnの一方の端部に空間結合されている。レーザダイオードモジュール11m1～11mnを構成する各レーザダイオードのレーザを射出する側とは反対側の端面には、高反射ミラーが形成されている。光ファイバ11f1～11fnの他方の端部は、ファイバユニット1101となっている。

[0033] レーザダイオードモジュール11m1～11mnより射出されたレーザは、ファイバユニット1101より射出して、コリメートレンズ1102によって平行光化されて略平行光束となる。コリメートレンズ1102より射出されたそれぞれのレーザは、グレーティング1103によって方向が曲げられて、部分反射ミラー1104を介して射出する。

[0034] このとき、レーザがコリメートレンズ1102に入射する位置の違いによって、グレーティング1103への入射角度が決まる。

[0035] レーザの一部は、部分反射ミラー1104で反射してレーザダイオードモジュール１１ｍの各レーザダイオードへと戻り、高反射ミラーで反射して再び部分反射ミラー1104に入射する。

[0036] このように、レーザは、レーザダイオードモジュール１１ｍを構成する各レーザダイオードの高反射ミラーと部分反射ミラー1104との間で共振する。ＤＤＬユニット１１ｕは外部共振器を構成する。高反射ミラー及び部分反射ミラー1104は、外部共振器ミラーを構成する。ＤＤＬユニット１１ｕは、レーザを、外部共振器とグレーティング1103とによって波長ロックさせる。グレーティング1103は、波長ロックの機能に加えて、スペクトルビーム結合させる機能を有する。

[0037] 以上の構成及び動作によって、ＤＤＬユニット１１ｕからは、波長λ１～λｎよりなる複数の波長にロックされた図示のような波長スペクトルを有す

るレーザが出力される。

[0038] 次に、レーザダイオードの温度が低い状態であっても高効率な波長ロック効率を維持するためのＤＤＬユニット１１ｕの構成例を説明する。

[0039] ＜第１の構成例＞

図４は、第１の構成例を示す。図４において、図３と同一部分には同一符号を付している。図４においては、図３における光ファイバ11f1～11fn及びファイバユニット1101の図示を省略している。

[0040] 図４に示すように、レーザダイオードモジュール11m1～11mnにはそれぞれ温度センサＴＳが装着されている。温度センサＴＳは、レーザダイオードモジュール11m1～11mnの内部に組み込まれていてもよい。レーザダイオードモジュール11m1～11mnのうちのいずれか１つのみ、または選択された複数のレーザダイオードモジュール１１ｍに温度センサＴＳが装着されていてもよい。

[0041] 外部共振器を構成しないレーザダイオードモジュール１１ｍを別に設けて、その別のレーザダイオードモジュール１１ｍから射出されるレーザの波長を監視することによって、レーザダイオードモジュール11m1～11mnの温度を間接的に検出（測定）してもよい。このようなレーザダイオードモジュール１１ｍの温度の測定（推測）も、温度センサによる温度の検出に含まれる。

[0042] 半導体レーザ発振器は、複数のレーザダイオードモジュール１１ｍのうちの少なくとも１つのレーザダイオードモジュール１１ｍの温度を任意の方法で直接的または間接的に検出する温度センサを備えればよい。

[0043] 温度センサＴＳによって検出されたレーザダイオードモジュール１１ｍの温度データは、移動制御部２０１に供給される。移動制御部２０１は、例えばマイクロコンピュータによって構成することができる。

[0044] コリメートレンズ1102及びグレーティング1103は、コリメートレンズ1102の光軸に直交する方向Ｄｒ１に沿って移動自在に構成されている。駆動部２０２は、コリメートレンズ1102を方向Ｄｒ１に沿って移動させるよう駆動する。駆動部２０３は、グレーティング1103を方向Ｄｒ１に沿って移動させる

よう駆動する。コリメートレンズ1102及びグレーティング1103を１つの駆動部によって駆動するように構成してもよい。

[0045] 移動制御部２０１は、入力された温度データに応じて駆動部２０２及び２０３を制御して、コリメートレンズ1102及びグレーティング1103を共通する方向Ｄｒ１に沿った所定の位置に位置させる。

[0046] コリメートレンズ1102及びグレーティング1103の実線で示す位置は、レーザダイオードモジュール１１ｍの温度が所定の温度以上となったときに位置すべき位置である。コリメートレンズ1102及びグレーティング1103の二点鎖線で示す位置は、例えばコールドスタート時のようにレーザダイオードモジュール１１ｍの温度が所定の温度より低いときに位置すべき位置である。

[0047] 移動制御部２０１は、コリメートレンズ1102及びグレーティング1103を、コールドスタート時に二点鎖線で示す位置に位置させ、レーザダイオードモジュール１１ｍの温度が所定の温度以上となったら、実線で示す位置に位置させるよう、駆動部２０２及び２０３を制御する。

[0048] 移動制御部２０１は、コリメートレンズ1102及びグレーティング1103を、二点鎖線で示す位置と実線で示す位置とに択一的に位置させるように駆動部２０２及び２０３を制御してもよい。移動制御部２０１は、コリメートレンズ1102及びグレーティング1103を、レーザダイオードモジュール１１ｍの温度上昇に応じて、二点鎖線で示す位置から実線で示す位置へと連続的に移動させるように駆動部２０２及び２０３を制御することが好ましい。

[0049] コリメートレンズ1102及びグレーティング1103の位置を、レーザダイオードモジュール１１ｍの複数の温度に応じて、二点鎖線で示す位置と実線で示す位置との間で離散的に変化させるように駆動部２０２及び２０３を制御してもよい。

[0050] 図４において、移動制御部２０１と駆動部２０２及び２０３は、温度センサＴＳが検出した温度に応じて、コリメートレンズ1102より射出されたレーザをグレーティング1103に入射させるそれぞれのレーザの入射角を変化させる入射角可変機構である。

[0051] ここで、グレーティング1103の入射角αと射出角βとの関係は次の式（１）で表される。

ｄ・sinα＋ｄ・sinβ＝ｎλ

ｄはグレーティング1103のスリット周期、λは波長、ｎは次数である。

[0052] 温度が変化して波長が（λ＋δλ）にずれたとき、部分反射ミラー1104の所定位置（例えば中心）にレーザを入射させるためには、次の式（２）のように入射角αを調整する必要がある。

ｄ・sin（α＋δα）＋ｄ・sinβ＝ｎ（λ＋δλ）

[0053] 式（１）及び（２）よりδαの値が定まる。δλはλに比べて非常に小さいため、δαもαに比べて非常に小さく、δα／αは一次近似で十分である。従って、δαは次の式（３）とすればよいことが分かる。

δα＝ｎδλ／ｄ・cosα

[0054] 第１の構成例による具体的な作用は次のとおりである。一例として、ｎ＝１、コリメートレンズ1102をｆ＝８０とし、グレーティング1103のスリット数を１６００本／ｍｍとする。

[0055] ＤＤＬユニット１１ｕは、コリメートされたレーザを４８．５度（α１）から５４．３度（αｎ）までの角度でグレーティング1103に入射させ、レーザを５１．３度（β１～βｎ）で射出するように最適に調整されている。ロック波長λ１～λｎは、９５６ｎｍ～９９６ｎｍである。

[0056] 温度が低い状態では、レーザの波長は低波長側に０．３ｎｍ／℃でシフトし、波長ロック効率を低下させて、出力を低下させてしまう。上記のように最適に調整された状態と比較して温度が２０度低いコールドスタート時には、波長ロックに最適な波長は０．３ｎｍ／℃×２０℃より６ｎｍ低い波長側となる。

[0057] そこで、レーザの入射角が０．８度小さくなるようにコリメートレンズ1102及びグレーティング1103を駆動部２０２及び２０３によって一方向（図４の下方向）に移動させる。すると、レーザの入射角は４７．７度（α１）から５３．５度（αｎ）となり、ロック波長λ１～λｎは９５０ｎｍ～９９０ｎ

ｍとなる。レーザの射出角度は５１．３度（β１～βｎ）で変わらない。

[0058] 図４において、部分反射ミラー1104より射出されたレーザは、フォーカスレンズ３０１によって光ファイバ３０２のファイバコア302cにフォーカシングされ、ファイバコア302cへと入射される。

[0059] よって、低温時にレーザの光軸は本来の光軸から外れることを防止または低減させることができ、レーザの損失を低減させることができる。これにより、光ファイバ３０２を損傷させる可能性を低減させることができ、発熱を抑えることができる。第１の構成例によれば、半導体レーザ発振器の性能を最大限に発揮することが可能となる。

[0060] ＜第２の構成例＞

図５は、第２の構成例を示す。図５において、図３及び図４と同一部分には同一符号を付している。図５においては、図３における光ファイバ11f1～11fnとファイバユニット1101とコリメートレンズ1102との図示を省略している。

[0061] 第２の構成例の構成及び動作を、第１の構成例との相違点を中心に説明する。第２の構成例においては、コリメートレンズ1102は固定されている。

[0062] 温度センサＴＳによって検出されたレーザダイオードモジュール１１ｍの温度データは、回転・移動制御部２０４に供給される。回転・移動制御部２０４は、例えばマイクロコンピュータによって構成することができる。

[0063] グレーティング1103は、回転自在に構成されている。グレーティング1103を回転させると、レーザを射出する光軸がずれる。第２の構成例においては、光軸のずれを補正するためにグレーティング1103と部分反射ミラー1104との間に移動自在の全反射ミラー1105が配置されている。

[0064] 駆動部２０５は、グレーティング1103を回転させるよう駆動する。駆動部２０６は、全反射ミラー1105を移動させるよう駆動する。回転・移動制御部２０４は、入力された温度データに応じて駆動部２０５及び２０６を制御して、グレーティング1103を回転させ、全反射ミラー1105を移動させる。

[0065] グレーティング1103及び全反射ミラー1105の実線で示す位置は、レーザダ

イオードモジュール１１ｍの温度が所定の温度以上となったときに位置すべき位置である。グレーティング1103及び全反射ミラー1105の二点鎖線で示す位置は、例えばコールドスタート時のようにレーザダイオードモジュール１１ｍの温度が所定の温度より低いときに位置すべき位置である。

[0066] 回転・移動制御部２０４は、グレーティング1103及び全反射ミラー1105を、コールドスタート時に二点鎖線で示す位置に位置させ、レーザダイオードモジュール１１ｍの温度が所定の温度以上となったら、実線で示す位置に位置させるよう、駆動部２０５及び２０６を制御する。

[0067] 回転・移動制御部２０４は、グレーティング1103及び全反射ミラー1105を、二点鎖線で示す位置と実線で示す位置とに択一的に位置させるように駆動部２０５及び２０６を制御してもよい。回転・移動制御部２０４は、グレーティング1103及び全反射ミラー1105を、レーザダイオードモジュール１１ｍの温度上昇に応じて、二点鎖線で示す位置から実線で示す位置へと連続的に移動させるように駆動部２０５及び２０６を制御することが好ましい。

[0068] 図５において、回転・移動制御部２０４と駆動部２０５及び２０６は、温度センサＴＳが検出した温度に応じて、コリメートレンズ1102より射出されたレーザをグレーティング1103に入射させるそれぞれのレーザの入射角を変化させる入射角可変機構である。

[0069] 第２の構成例においても、最適に調整された状態で、レーザの入射角は４８．５度（α１）から５４．３度（αｎ）まで、レーザの射出角度は５１．３度（β１～βｎ）、ロック波長λ１～λｎは９５６ｎｍ～９９６ｎｍであるとする。

[0070] 温度が２０度低いコールドスタート時に、グレーティング1103を回転角θとして０．８度回転させ、グレーティング1103を０．８度回転させたことに伴う光軸のずれを補正するよう全反射ミラー1105を移動させる。

[0071] レーザの入射角を４７．７度（α１）から５３．５度（αｎ）までとし、レーザの射出角度は５１．３度（β１～βｎ）のままで、ロック波長λ１～λｎを９５０ｎｍ～９９０ｎｍとすることができる。

[0072] 第２の構成例においても、低温時にレーザの光軸は本来の光軸から外れることを防止または低減させることができ、レーザの損失を低減させることができる。第２の構成例によれば、光ファイバ３０２を損傷させる可能性を低減させ、発熱を抑えることができ、半導体レーザ発振器の性能を最大限に発揮することが可能となる。

[0073] ＜第３の構成例＞

図６は、第３の構成例を示す。図６において、図３及び図４と同一部分には同一符号を付している。図６においても、図３における光ファイバ11f1～11fn及びファイバユニット1101との図示を省略している。

[0074] 第３の構成例の構成及び動作を、第１の構成例との相違点を中心に説明する。第３の構成例においては、コリメートレンズ1102及びグレーティング1103は固定されている。第３の構成例においては、コリメートレンズ1102の前段、即ち、図示していないファイバユニット1101とコリメートレンズ1102との間に合成石英基板1106が配置されている。合成石英基板1106とは、人工的に製造された石英ガラスのことである。

[0075] 温度センサＴＳによって検出されたレーザダイオードモジュール１１ｍの温度データは、回転制御部２０７に供給される。回転制御部２０７は、例えばマイクロコンピュータによって構成することができる。

[0076] 合成石英基板1106は、回転自在に構成されている。合成石英基板1106の厚さは例えば１５ｍｍである。合成石英基板1106を回転させると、合成石英基板1106の屈折でレーザを射出する光軸がずれる。

[0077] 駆動部２０８は、合成石英基板1106を回転させるよう駆動する。回転制御部２０７は、入力された温度データに応じて駆動部２０８を制御して、合成石英基板1106を回転させる。

[0078] 合成石英基板1106の実線で示す位置は、レーザダイオードモジュール１１ｍの温度が所定の温度以上となったときに位置すべき位置である。合成石英基板1106の二点鎖線で示す位置は、例えばコールドスタート時のようにレーザダイオードモジュール１１ｍの温度が所定の温度より低いときに位置すべ

き位置である。

[0079] 回転制御部２０７は、合成石英基板1106を、コールドスタート時に二点鎖線で示す位置に位置させ、レーザダイオードモジュール１１ｍの温度が所定の温度以上となったら、実線で示す位置に位置させるよう、駆動部２０８を制御する。

[0080] 回転制御部２０７は、合成石英基板1106を二点鎖線で示す位置と実線で示す位置とに択一的に位置させるように駆動部２０８を制御してもよい。回転制御部２０７は、合成石英基板1106をレーザダイオードモジュール１１ｍの温度上昇に応じて、二点鎖線で示す位置から実線で示す位置へと連続的に移動させるように駆動部２０８を制御することが好ましい。

[0081] 図６において、回転制御部２０７と駆動部２０８は、温度センサＴＳが検出した温度に応じて、コリメートレンズ1102より射出されたレーザをグレーティング1103に入射させるそれぞれのレーザの入射角を変化させる入射角可変機構である。

[0082] 第３の構成例においても、最適に調整された状態で、レーザの入射角は４８．５度（α１）から５４．３度（αｎ）まで、レーザの射出角度は５１．３度（β１～βｎ）、ロック波長λ１～λｎは９５６ｎｍ～９９６ｎｍであるとする。

[0083] 温度が２０度低いコールドスタート時に、合成石英基板1106を回転角θとして１４度回転させる。すると、合成石英基板1106の屈折により光軸が１．１５ｍｍずれてグレーティング1103への入射角が０．８度小さくなる。これによって、ロック波長は低波長側に６ｎｍシフトする。

[0084] 第３の構成例においても、レーザの入射角を４７．７度（α１）から５３．５度（αｎ）までとし、レーザの射出角度は５１．３度（β１～βｎ）のままで、ロック波長λ１～λｎを９５０ｎｍ～９９０ｎｍとすることができる。

[0085] 第３の構成例においても、低温時にレーザの光軸は本来の光軸から外れることを防止または低減させることができ、レーザの損失を低減させることが

できる。第３の構成例によれば、光ファイバ３０２を損傷させる可能性を低減させ、発熱を抑えることができ、半導体レーザ発振器の性能を最大限に発揮することが可能となる。

[0086] 以上説明したように、本実施形態の半導体レーザ発振器によれば、発振器出力の低出時の波長ロック効率を改善させることができる。よって、本実施形態の半導体レーザ発振器によれば、レーザダイオードの温度が低い状態であっても高効率な波長ロック効率を維持することができる。

[0087] 本発明は以上説明した本実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能である。

産業上の利用可能性

[0088] 本発明は、レーザを射出する半導体レーザ発振器に利用できる。

請求の範囲

[請求項1] 複数のレーザダイオードモジュールと、

前記複数のレーザダイオードモジュールのうちの少なくとも１つのレーザダイオードモジュールの温度を直接的または間接的に検出する温度センサと、

前記レーザダイオードモジュールより射出されたそれぞれのレーザを平行光化するコリメートレンズと、

前記コリメートレンズより射出されたそれぞれのレーザをスペクトルビーム結合させるグレーティングと、

前記温度センサが検出した温度に応じて、前記コリメートレンズより射出されたレーザを前記グレーティングに入射させるそれぞれのレーザの入射角を変化させる入射角可変機構と、

を備えることを特徴とする半導体レーザ発振器。

[請求項2] 前記入射角可変機構は、

前記コリメートレンズ及び前記グレーティングを前記コリメートレンズの光軸に直交する方向に移動させる駆動部と、

前記温度センサが検出した温度に応じて前記駆動部による前記コリメートレンズ及び前記グレーティングの移動を制御する移動制御部と、

を含むことを特徴とする請求項１記載の半導体レーザ発振器。

[請求項3] 前記入射角可変機構は、

前記グレーティングをレーザの入射角を変化させる方向に回転させる第１の駆動部と、

前記グレーティングから射出されるレーザが入射される全反射ミラーと、

前記第１の駆動部が前記グレーティングを回転させることによる前記グレーティングから射出されるレーザの光軸のずれを補正するよう前記全反射ミラーを移動させる第２の駆動部と、

前記温度センサが検出した温度に応じて前記第１の駆動部による前記グレーティングの回転と前記第２の駆動部による前記全反射ミラーの移動を制御する回転・移動制御部と、

を含むことを特徴とする請求項１記載の半導体レーザ発振器。

[請求項4] 前記入射角可変機構は、

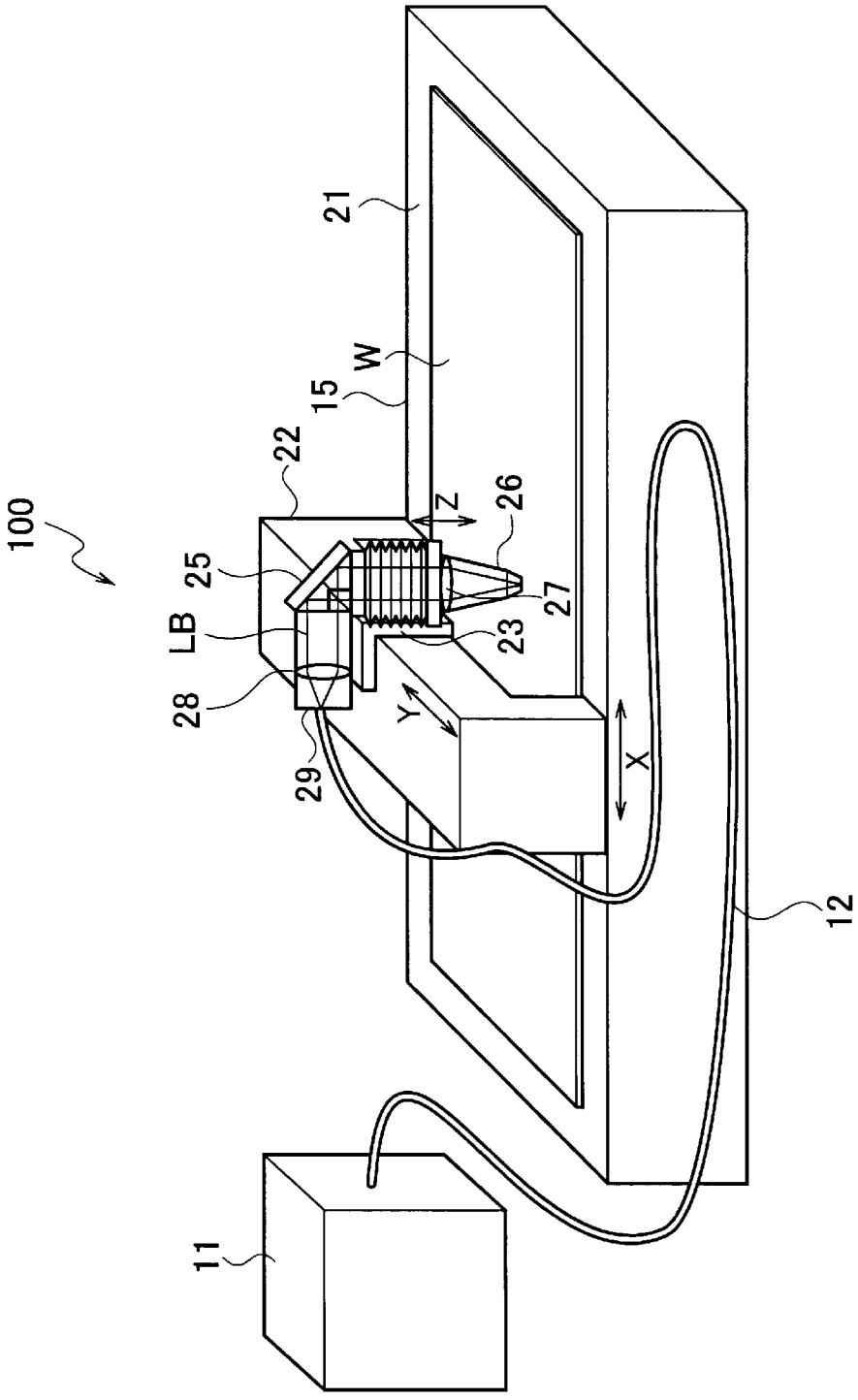
前記コリメートレンズの前段に配置された合成石英基板と、

前記グレーティングに入射するレーザの入射角を変化させるよう前記合成石英基板を回転させる駆動部と、

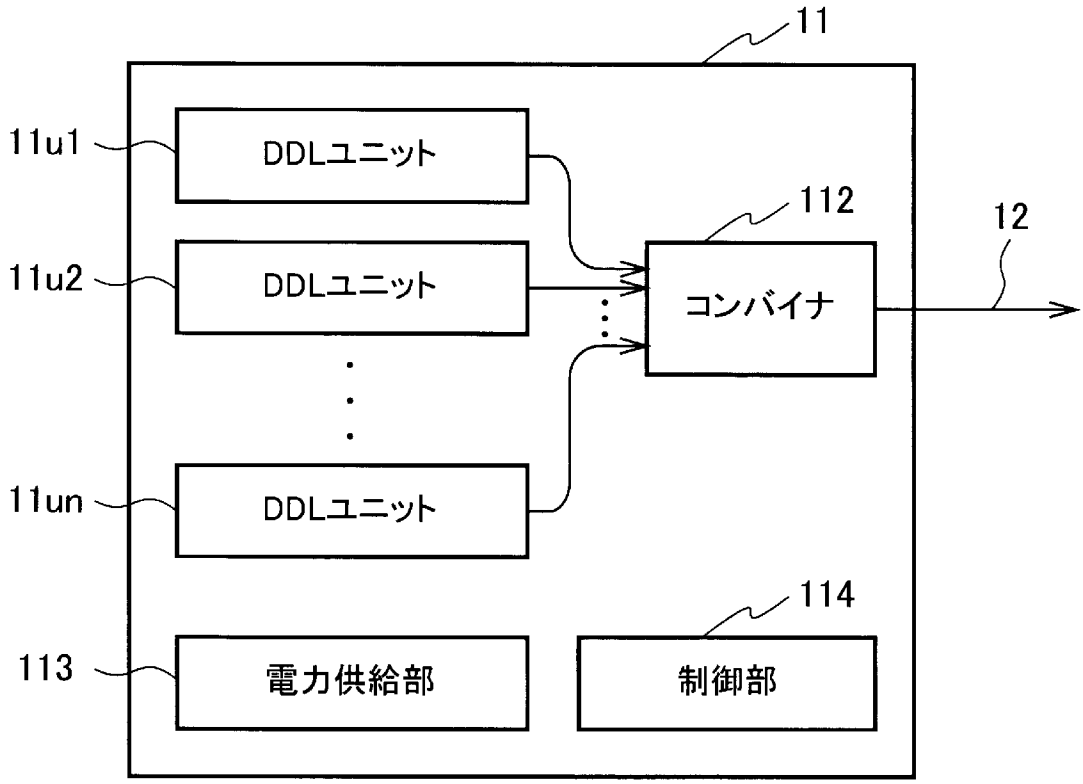
前記温度センサが検出した温度に応じて前記駆動部による前記合成石英基板の回転を制御する回転制御部と、

を含むことを特徴とする請求項１記載の半導体レーザ発振器。

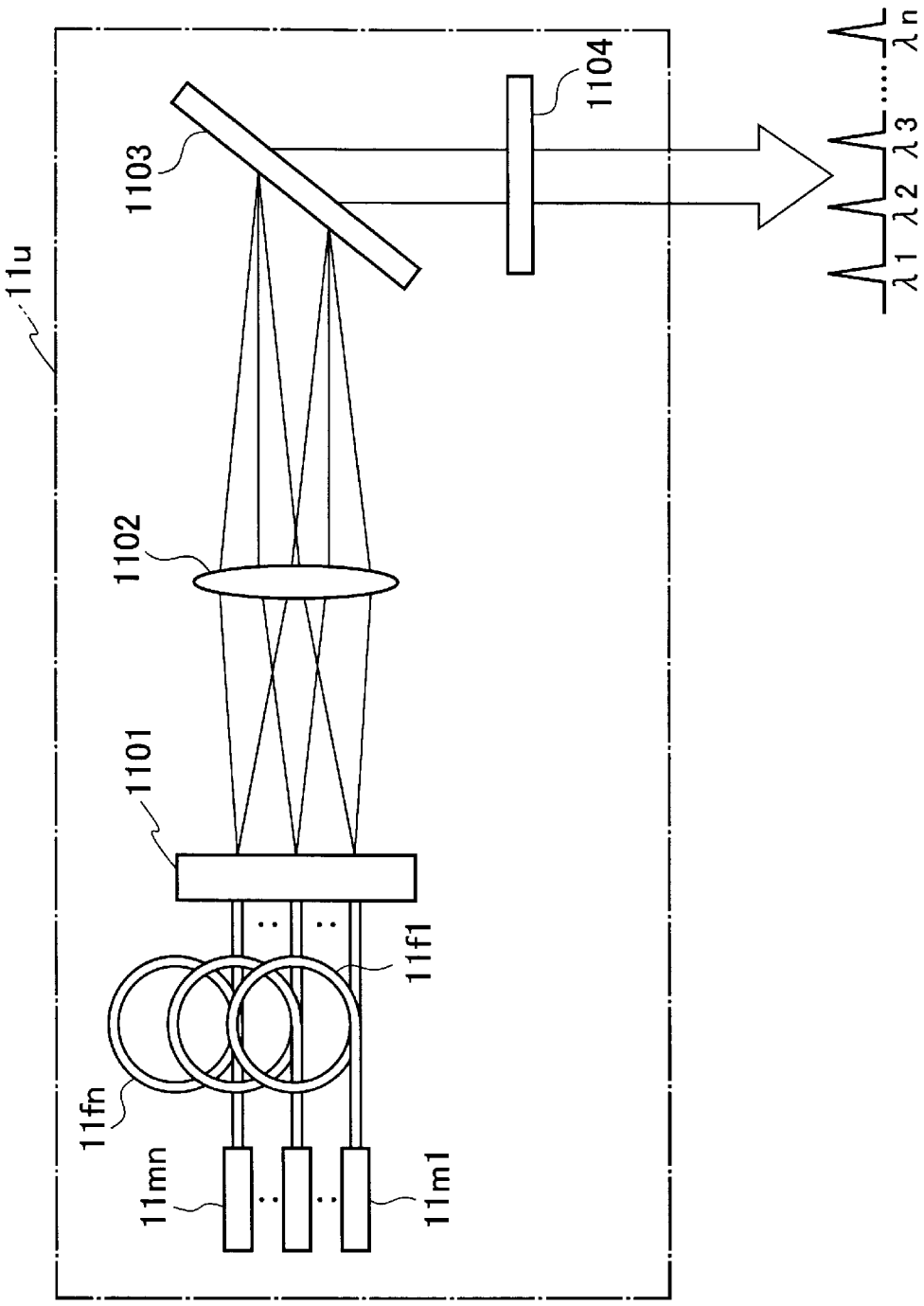
[図1]



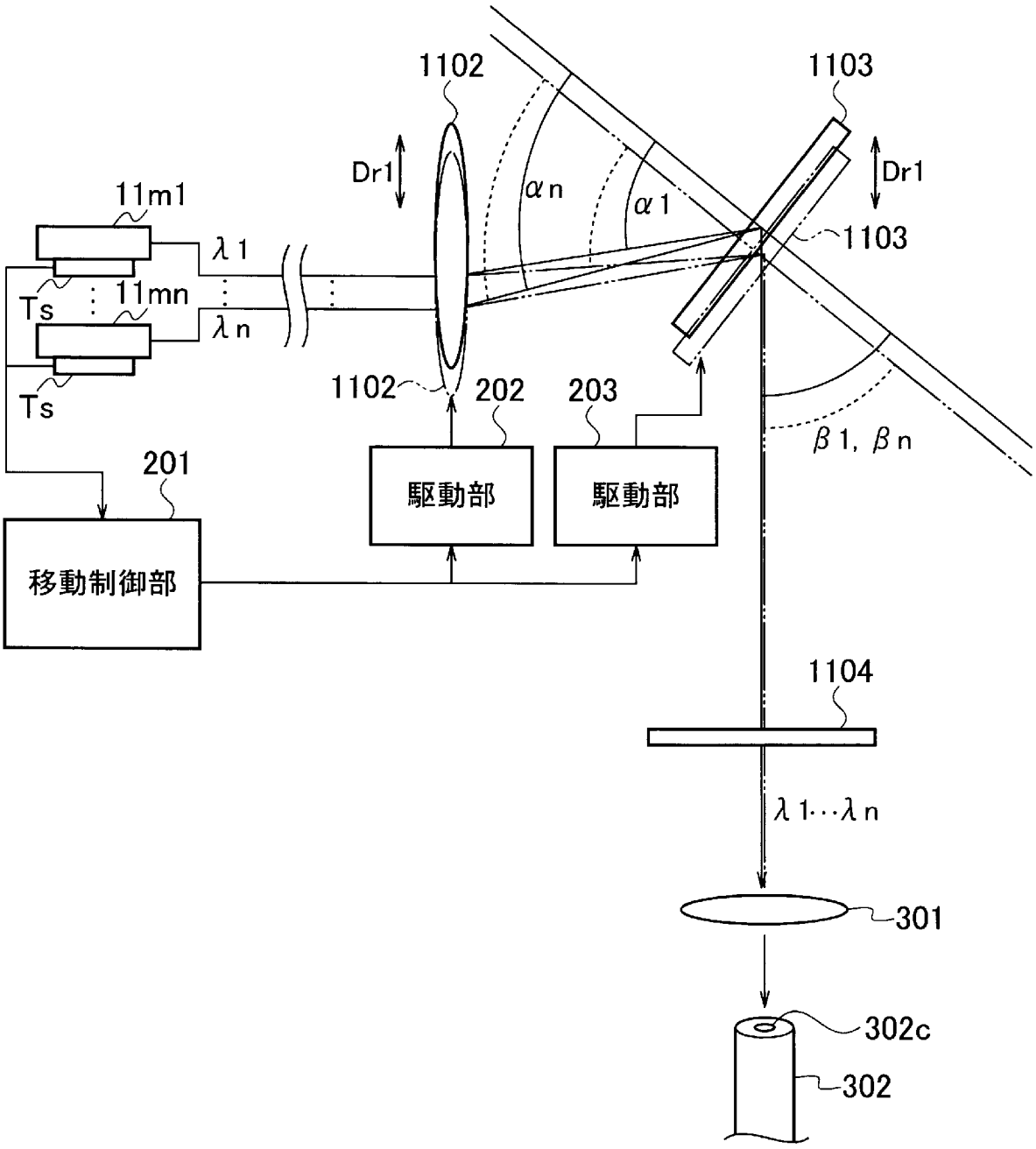
[図2]


11
11u1
DDLユニット
11u2
DDLユニット
11un
DDLユニット
112
コンバイナ
12
113
電力供給部
114
制御部

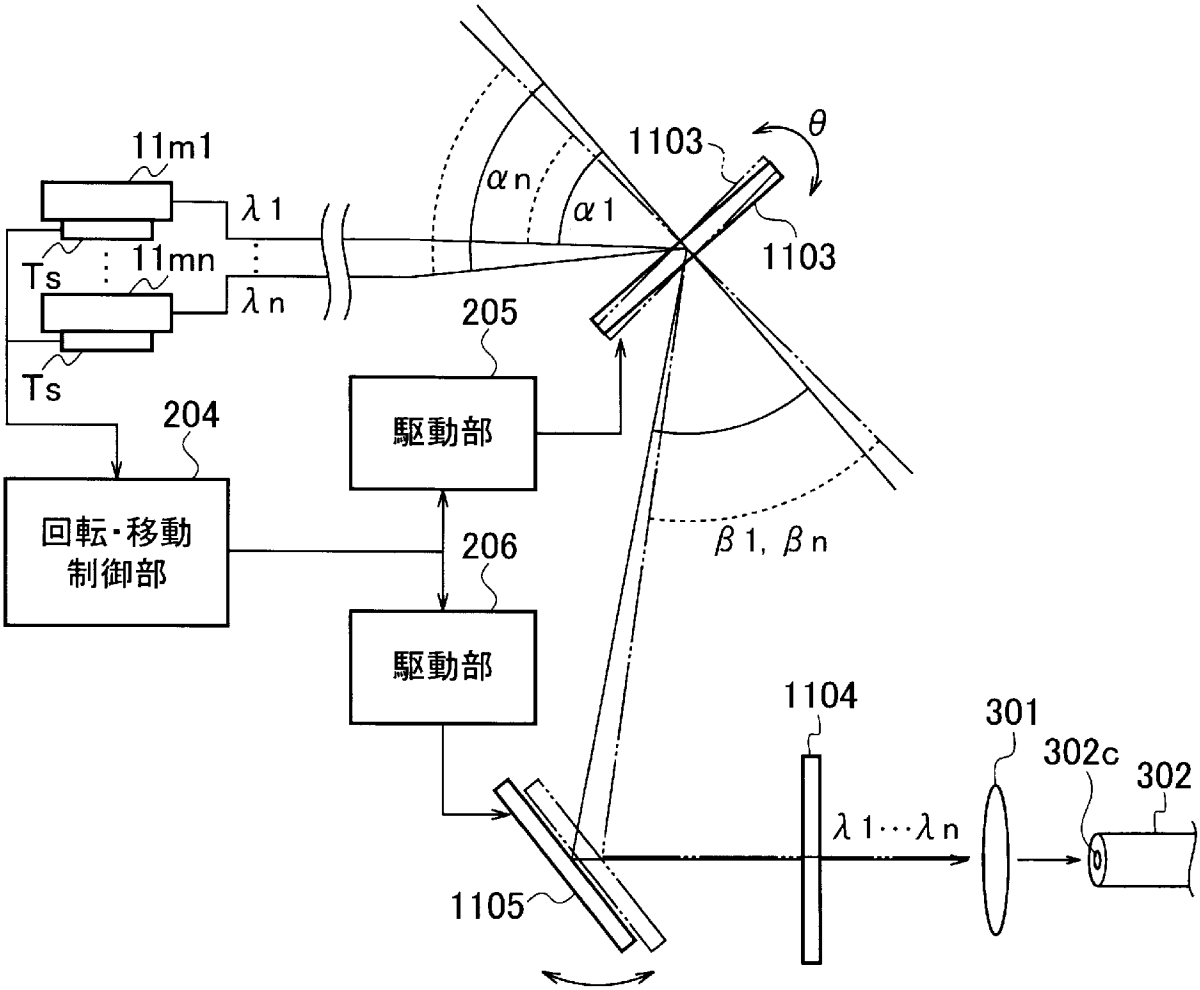
[図3]



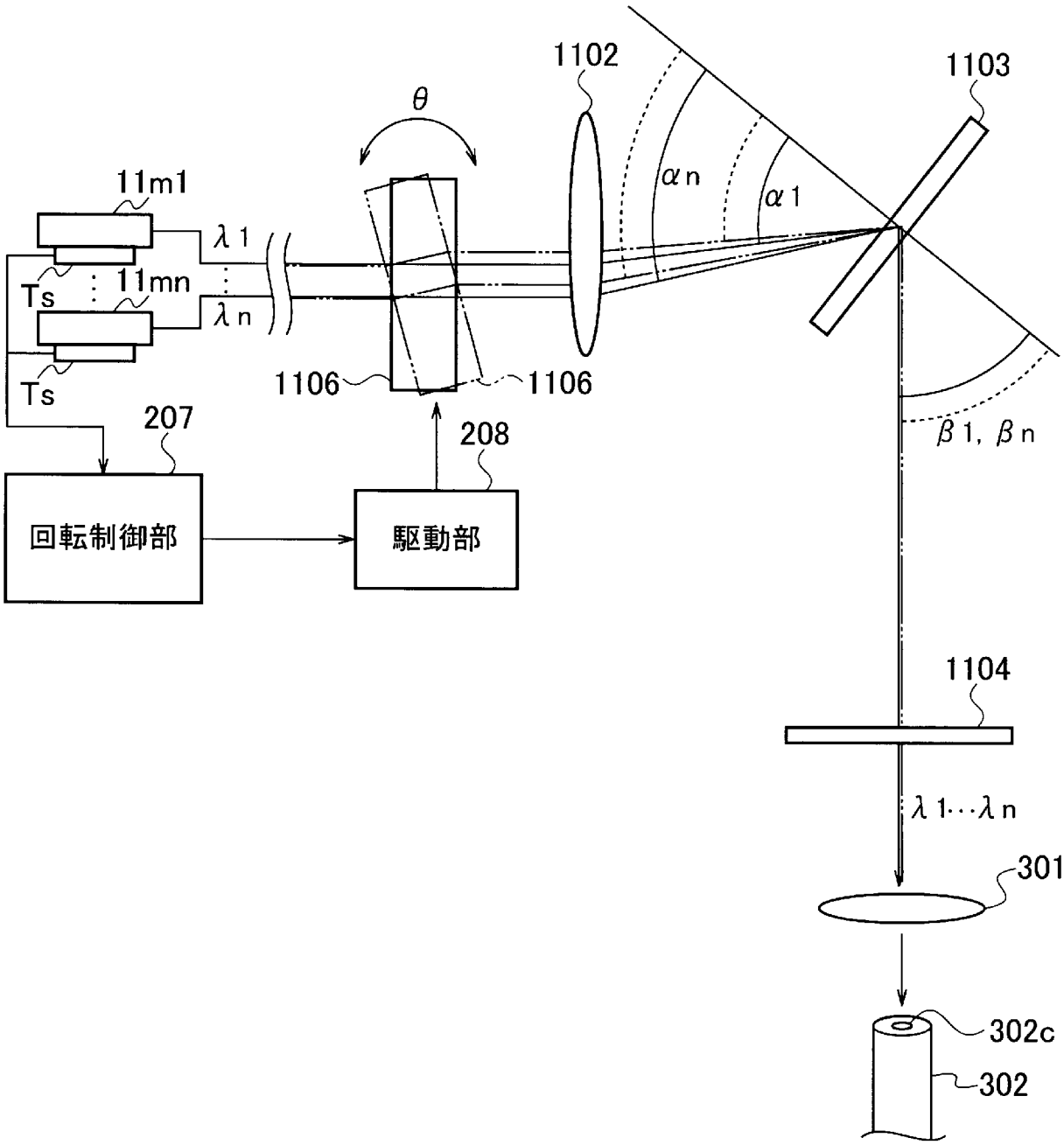
[図4]


1102
1103
Dr1
Dr1
αn
α1
11m1
λ1
11mn
Ts
λn
Ts
1103
1102
202
203
β1, βn
201
駆動部
駆動部
移動制御部
1104
λ1…λn
301
302c
302

[図5]


11m1
λ1
Ts
11mn
λn
Ts
204
回転・移動
制御部
205
駆動部
206
駆動部
αn
α1
1103
θ
1103
β1, βn
1104
λ1…λn
301
302c
302
1105

[図6]


1102
1103
θ
11m1
λ1
Ts
11mn
λn
Ts
αn
α1
1106
1106
207
208
回転制御部
駆動部
β1, βn
1104
λ1･･･λn
301
302c
302

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/056203

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01S5/068(2006.01)i, *H01S5/14*(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)
H01S5/00-5/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016

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	US 2003/0193974 A1 (FRANKEL et al.), 16 October 2003 (16.10.2003), paragraphs [0021] to [0022]; fig. 1 (Family: none)	1-4
Y	JP 2014-127651 A (Sony Corp.), 07 July 2014 (07.07.2014), paragraph [0033] & WO 2014/103117 A1 & US 2015/0325980 A1 paragraph [0071]	1-4
Y	JP 8-97516 A (Ando Electric Co., Ltd.), 12 April 1996 (12.04.1996), paragraphs [0018] to [0029], [0032] to [0033]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-4

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

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
11 May 2016 (11.05.16)	24 May 2016 (24.05.16)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/056203

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 2004-128072 A (Anritsu Corp.), 22 April 2004 (22.04.2004), paragraphs [0011] to [0014]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-4
Y	JP 11-186648 A (NEC Corp.), 09 July 1999 (09.07.1999), paragraphs [0007] to [0018]; fig. 1 & EP 924821 A1 & US 6252897 B1 column 2, lines 1 to 18; column 2, line 43 to column 4, line 36; fig. 1	1-4
Y	JP 2011-40627 A (Yokogawa Electric Corp.), 24 February 2011 (24.02.2011), paragraphs [0028] to [0050]; fig. 1 to 2 (Family: none)	3-4
Y	JP 2005-159000 A (Sony Corp.), 16 June 2005 (16.06.2005), paragraphs [0033] to [0038]; fig. 1 (Family: none)	3-4
Y	JP 5-206587 A (Hewlett-Packard Co.), 13 August 1993 (13.08.1993), paragraphs [0020] to [0030]; fig. 8 & EP 534305 A1 & US 5161165 A column 4, line 24 to column 5, line 38; fig. 8	4
Y	WO 2006/008873 A1 (NEC Corp.), 26 January 2006 (26.01.2006), paragraphs [0064], [0068] & JP 4756379 B2 & US 7656911 B2 & US 2008/0025349 A1 paragraphs [0138], [0142]	4
A	JP 2014-157958 A (Shimadzu Corp.), 28 August 2014 (28.08.2014), paragraphs [0008] to [0009] (Family: none)	1-4
A	JP 10-107377 A (Central Research Institute of Electric Power Industry), 24 April 1998 (24.04.1998), paragraphs [0050] to [0051]; fig. 3 (Family: none)	1-4
A	JP 2003-324227 A (Fujitsu Ltd.), 14 November 2003 (14.11.2003), paragraphs [0037] to [0039]; fig. 6 to 7 & US 2003/0206336 A1 & EP 1359686 A2	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/056203

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2012/033105 A1 (Osaka University, Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 15 March 2012 (15.03.2012), paragraphs [0020] to [0032]; fig. 2 & JP 2012-78813 A & JP 2012-78812 A & US 2013/0163624 A1 & EP 2615488 A1 & EP 2945012 A1 & CN 103080819 A	1-4

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０５６２０３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01S5/068(2006.01)i, H01S5/14(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.　H01S5/00-5/50

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	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	US 2003/0193974 A1 (FRANKEL et al.) 2003.10.16, 段落[0021]-[0022],FIG.1（ファミリーなし）	1-4
Y	JP 2014-127651 A（ソニー株式会社） 2014.07.07, 段落[0033] & WO 2014/103117 A1 & US 2015/0325980 A1 段落[0071]	1-4

☑　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	国際調査報告の発送日
１１．０５．２０１６	２４．０５．２０１６

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）　２Ｋ　４０８４
百瀬　正之
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５５

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 8-97516 A (安藤電気株式会社) 1996.04.12, 段落[0018]-[0029],[0032]-[0033],図 1-3 (ファミリーなし)	1-4
Y	JP 2004-128072 A (アンリツ株式会社) 2004.04.22, 段落[0011]-[0014],図 1-2 (ファミリーなし)	1-4
Y	JP 11-186648 A (日本電気株式会社) 1999.07.09, 段落[0007]-[0018],図 1 & EP 924821 A1 & US 6252897 B1 第２欄第１行-第18行,第43行-第４欄第36行,FIG.1	1-4
Y	JP 2011-40627 A (横河電機株式会社) 2011.02.24, 段落[0028]-[0050],図 1-2 (ファミリーなし)	3-4
Y	JP 2005-159000 A (ソニー株式会社) 2005.06.16, 段落[0033]-[0038],図 1 (ファミリーなし)	3-4
Y	JP 5-206587 A (ヒューレット・パッカード・カンパニー) 1993.08.13, 段落[0020]-[0030],図８ & EP 534305 A1 & US 5161165 A 第４欄第24行-第５欄第38行,FIG.8	4
Y	WO 2006/008873 A1 (日本電気株式会社) 2006.01.26, 段落[0064],[0068] & JP 4756379 B2 & US 7656911 B2 & US 2008/0025349 A1 段落[0138],[0142]	4
A	JP 2014-157958 A (株式会社島津製作所) 2014.08.28, 段落[0008]-[0009] (ファミリーなし)	1-4
A	JP 10-107377 A (財団法人電力中央研究所) 1998.04.24, 段落[0050]-[0051],図３ (ファミリーなし)	1-4
A	JP 2003-324227 A (富士通株式会社) 2003.11.14, 段落[0037]-[0039],図 6-7 & US 2003/0206336 A1 & EP 1359686 A2	1-4

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	WO 2012/033105 A1 (国立大学法人大阪大学,浜松ホトニクス株式会社) 2012.03.15, 段落[0020]-[0032],図２ & JP 2012-78813 A & JP 2012-78812 A & US 2013/0163624 A1 & EP 2615488 A1 & EP 2945012 A1 & CN 103080819 A	1-4