

(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4月21日(21.04.2016)

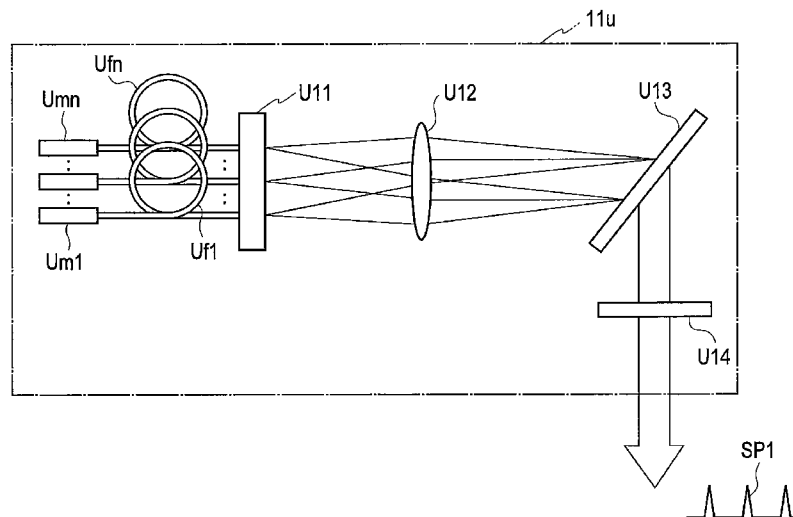


(10) 国際公開番号
WO 2016/060103 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 5/068 (2006.01) H01S 5/40 (2006.01)
B23K 26/00 (2014.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/078877
 - (22) 国際出願日: 2015年10月13日(13.10.2015)
 - (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 2014-210491 2014年10月15日(15.10.2014) 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).
緒方 稔(OGATA, Minoru); 〒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, JP, 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).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: SEMICONDUCTOR LASER OSCILLATOR

(54) 発明の名称: 半導体レーザ発振器



(57) Abstract: A semiconductor laser oscillator (11) is provided with a diode unit (11u) that is configured from a plurality of banks and in which a plurality of laser diodes connected in series constitute one bank. The diode unit (11u) has a wavelength lock mechanism for locking to a plurality of wavelengths. The semiconductor laser oscillator (11) is additionally provided with a control unit (114) that individually controls current input to the laser diodes of each of the plurality of banks so as to correspond to the characteristics of wavelength lock efficiency and thereby controls the output of the entire diode unit (11u) to a required output.

(57) 要約: 半導体レーザ発振器(11)は、直列に接続された複数のレーザダイオードが1つのバンクを構成し、複数のバンクから構成されたダイオードユニット(11u)を備える。ダイオードユニット(11u)は、複数の波長にロックさせる波長ロック機構を有する。半導体レーザ発振器(11)は、複数のバンクそれぞれのレーザダイオードへの入力電流を、波長ロック効率の特性に対応させて個別に制御してダイオードユニット(11u)全体の出力を要求される出力に制御する制御部(114)を備える。



WO 2016/060103 A1

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。

[0003] シングルエミッタのレーザダイオードから構成されるDDL発振器では、複数のレーザダイオードを複数のバンクに分割し、バンクごとに同じ電流値が流れるように制御するのが一般的である。1つのバンクには、例えば30～40個のレーザダイオードが直列に接続される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2012-174720号公報

発明の概要

[0005] 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。

[0006] 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、各ロック波長に近い発振をする最適なレーザダイオードの材料を

選定する必要がある。しかしながら、全てのロック波長ごとに材料を異ならせてレーザダイオードを製作することは現実的には不可能である。

[0007] そこで、複数種類の材料によって製作されたレーザダイオードを、少なくとも高出力時に波長ロック効率が高くなるように、各ロック波長に対して振り分けるのが一般的である。

[0008] レーザダイオードは射出するレーザの波長が1℃の温度上昇で0.25～0.3nm程度長波長側へシフトする特性がある。よって、レーザダイオードの出力を上げると発熱量が増えて温度上昇するため、射出するレーザの波長は長波長側へシフトする。従って、高出力時に合わせて波長調整された材料は、高出力で波長ロック効率が低いものでも低出力時には波長が低波長シフトするため高い波長ロック効率を維持することが困難な場合がある。

[0009] 波長ロックしていない通常のレーザダイオードの入力電流に対するレーザ出力は直線となる。しかし、レーザダイオードに高電流を流して高出力化すればするほど、低出力時との温度差が大きくなり波長シフト量も大きくなって波長ロックすると低出力時の効率が低くなりがちである。こういった理由によりDDL発振器における各バンクのレーザダイオードへの入力電流に対するレーザ出力との関係は直線とはならず、低出力時は下に凸の曲線状の特性となってしまう。

[0010] 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ロスを増大させる。すると、そのロスが、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。

[0011] 実施形態は、波長ロックしてスペクトルビーム結合した半導体レーザ発振器において、低出力時においても高効率な波長ロックを維持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。

[0012] 実施形態の一態様によれば、直列に接続された複数のレーザダイオードが1つのバンクを構成し、複数のバンクが並列に接続されたダイオードユニッ

トを備え、前記複数のバンクそれぞれのレーザダイオードへの入力電流を、波長ロック効率の特性に対応させて個別に制御してダイオードユニット全体の出力を要求される出力に制御する制御部をさらに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。

- [0013] 実施形態の半導体レーザ発振器によれば、波長ロックしてスペクトルビーム結合した半導体レーザ発振器において、低出力時においても高効率な波長ロックを維持できる。

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を示す概念図である。

[図4]図4は、図2中のDDLユニットに設定されているバンクを説明するための図である。

[図5]図5は、レーザの波長の違いによって波長ロック効率の特性が異なることを説明するための図である。

[図6]図6は、一般的な入力電流とレーザパワーとの関係を示すDDLの特性図である。

[図7]図7は、一実施形態における指令出力値に対する各バンクへの入力電流とレーザ出力及びDDLユニット出力（バンク合計レーザ出力）の関係を示す特性図である。

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、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2

2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、高エネルギー密度の状態では被加工材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～図4を用いて、DDL発振器11の具体的な構成及び動作を説明する。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。DDLユニット11u1～11unは、ダイオードユニットの一例である。

[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。電力供給部113は電力供給回路によって構成することができる。制御部114はマイクロプロセッサまたはマイクロコンピュータによって構成することができる。

[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] DDLユニット11uは、具体的に、図3に示すように構成される。DDLユニット11uは、レーザダイオードモジュールUm1～Umnの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 $U_{m1} \sim U_{mn}$ 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 U_m と称することとする。レーザダイオードモジュール U_m 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 U_m 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 U_m 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 $U_{m1} \sim U_{mn}$ は、各レーザダイオードが光ファイバ $U_{f1} \sim U_{fn}$ の一方の端部に空間結合されている。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 $U_{f1} \sim U_{fn}$ の他方の端部は、ファイバアレイ U_{11} となっている。
- [0033] 光ファイバ $U_{f1} \sim U_{fn}$ の先端部は、レーザの射出方向と直交する方向に一系列に並べられた光ファイバ列となっている。光ファイバ列の先端部の数ミリから十数ミリの範囲が樹脂で例えば円筒状に被覆されて、ファイバアレイ U_{11} が構成されている。
- [0034] レーザダイオードモジュール $U_{m1} \sim U_{mn}$ より射出されたレーザは、ファイバアレイ U_{11} より射出して、コリメートレンズ U_{12} 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 U_{12} より射出されたそれぞれのレーザは、グレーティング U_{13} に互いに異なる角度で入射して方向が曲げられて、部分反射ミラー U_{14} を介して射出する。
- [0035] このとき、レーザがコリメートレンズ U_{12} に入射する位置の違いによって、グレーティング U_{13} への入射角度が決まる。
- [0036] レーザの一部は、部分反射ミラー U_{14} で反射してレーザダイオードモジュール U_m 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 U_{14} に入射する。
- [0037] このように、レーザは、レーザダイオードモジュール U_m 内部の高反射ミ

ラーと部分反射ミラーU14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U14は、外部共振器ミラーを構成する。

[0038] DDLユニット11uは、レーザを、外部共振器とグレーティングU13とによって波長ロックさせる。グレーティングU13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。

[0039] 以上の構成及び動作によって、DDLユニット11uからは、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SP1を有するレーザが出力される。

[0040] DDLユニット11uには、並列接続された複数のバンクが設定されている。図4は、DDLユニット11uに設定されているバンクの構成例を示している。本実施形態においては、DDLユニット11uには、2つのバンクが設定されているとする。バンクの数は3以上であってもよい。

[0041] 図4に示すように、それぞれのバンクには、複数のレーザダイオードモジュールUmが直列に接続されている。図4では、2つのレーザダイオードモジュールUmを直列接続しているが、3つのレーザダイオードモジュールUmを直列接続してもよい。

[0042] 直列接続するレーザダイオードの数は、電圧制御が容易な例えば50～75Vの電圧となるような数とするのがよい。それぞれのバンクには、電力供給部113より50～75Vの電圧が供給され、0～12Aの電流が流れる。

[0043] 図4に示すバンク1, 2で、DDLユニット11uは、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ それぞれの波長にロックされたレーザを出力する。なお、図2におけるDDLユニット11u1～11unの全体で、例えば波長910nm～950nmのレーザを出力する。

[0044] さて、ここで、図5を用いて、レーザの波長の違いによって波長ロック効率の特性が異なることを説明する。図5に示すように、波長 λ_1, λ_2 は、入力電流が0～12Aのほぼ全出力領域で波長ロック効率が高い。一方、波

長 λ_3 , λ_4 は、入力電流が0~4 A程度の低出力領域で波長ロック効率が低い。

[0045] 図5に示す波長ロック効率の特性を有するレーザダイオードモジュールU_mから構成されたDDLユニット11uに0~12 Aの電流を供給したとき、入力電流に対してレーザ出力は図6に示すような特性となる。図6において、一点鎖線は、波長 λ_1 , λ_2 の波長にロックされたレーザを出力するバンク1における入力電流に対するレーザ出力特性、破線は、波長 λ_3 , λ_4 の波長にロックされたレーザを出力するバンク2における入力電流に対するレーザ出力特性、実線はDDLユニット11u（バンク1とバンク2の合計）の出力特性を示している。

[0046] 入力電流とレーザパワーとの関係は、二点鎖線で示すように、理想的にはリニアである。しかしながら、一点鎖線で示す特性と破線で示す特性とを合わせることによって、実線で示すように、DDLユニット11u全体としての特性は、下に凸の曲線状になってしまう。

[0047] そこで、本実施形態においては、バンク1, 2を図7に示すように制御する。上記のように、バンク1には、低出力から高出力まで波長ロック効率が低い波長 λ_1 , λ_2 が割り当てられており、バンク2には、低出力時に波長ロック効率が低い波長 λ_3 , λ_4 が割り当てられている。

[0048] 図7に示すように、制御部114は、バンク1に対しては、一点鎖線で示すように、低出力から高出力までレーザパワーを出力させるように、パワーを指令する。詳細には、指令パワー値が0から400 W程度まで入力電流をリニアに増加させた後、一旦、入力電流を0とする。指令パワー値が400 W程度以降では、入力電流を0から12 Aまでリニアに増加させる。

[0049] 制御部114は、バンク2に対しては、破線で示すように、低出力時には出力させるレーザパワーを0とし、中出力以上でレーザパワーを出力させるように、パワーを指令する。詳細には、指令パワー値が0から400 W程度まで入力電流を0とする。指令パワー値が400 W程度で入力電流を6 A程度に上昇させて、それ以降、入力電流を12 Aまでリニアに増加させる。

- [0050] 制御部 114 がバンク 1, 2 を図 7 に示すように制御することによって、DDL ユニット 11u 全体では、実線で示すように出力させることができ、二点鎖線で示す理想的な特性に近付けた特性とすることができる。
- [0051] 以上のように、バンク毎に入力電流制御を行うため、低出力時に波長ロック効率が低くなってしまふものは同じバンクに割り当て、中電流（中出力）以上で制御する。制御部 114 は、複数のバンクそれぞれのレーザダイオードへの入力電流を、波長ロック効率の特性に対応させて個別に制御する。
- [0052] 制御部 114 は、複数のバンクそれぞれが出力するレーザを合成したレーザパワーが要求される発振器出力となるように、また発振器の全出力領域にて波長ロック効率を高く維持できるように、複数のバンクそれぞれのレーザダイオードへの入力電流を個別に制御すればよい。
- [0053] 具体的には、複数のバンクが、入力電流が 0 から所定の値までの低電流時の波長ロック効率が第 1 の状態である第 1 のバンクと、第 1 の状態よりも波長ロック効率が低い第 2 の状態である第 2 のバンクとを少なくとも含むとき、制御部 114 は次のように制御すればよい。
- [0054] 制御部 114 は、第 2 のバンクの出力を、DDL ユニット 11u 全体に要求される出力が 0 から所定の値まで 0 とするよう制御する。
- [0055] 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改善が可能となり、併せて電気-光変換効率も高い領域で使用することになるため、低出力時の無駄な電力を削減することができる。
- [0056] また、本実施形態の半導体レーザ発振器によれば、波長ロック効率低下による出力損失が影響する発振器内部の発熱や、伝送ファイバの局部的発熱を防ぎ、発振器出力を安定させてかつ光学部品の破損を防ぐことができる。
- [0057] 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。
- [0058] レーザダイオードは、一例として、シングルエミッタのレーザダイオードである。レーザダイオードは、シングルエミッタのレーザダイオードを複数空間結合したレーザダイオードモジュールであってもよい。

[0059] レーザダイオードは、ダイオードレーザバーであってもよい。レーザダイオードは、ダイオードレーザバーを複数空間結合したレーザダイオードモジュールであってもよい。なお、ダイオードレーザバーとは、エミッタが例えば500 μ m間隔で横に並んだチップである。

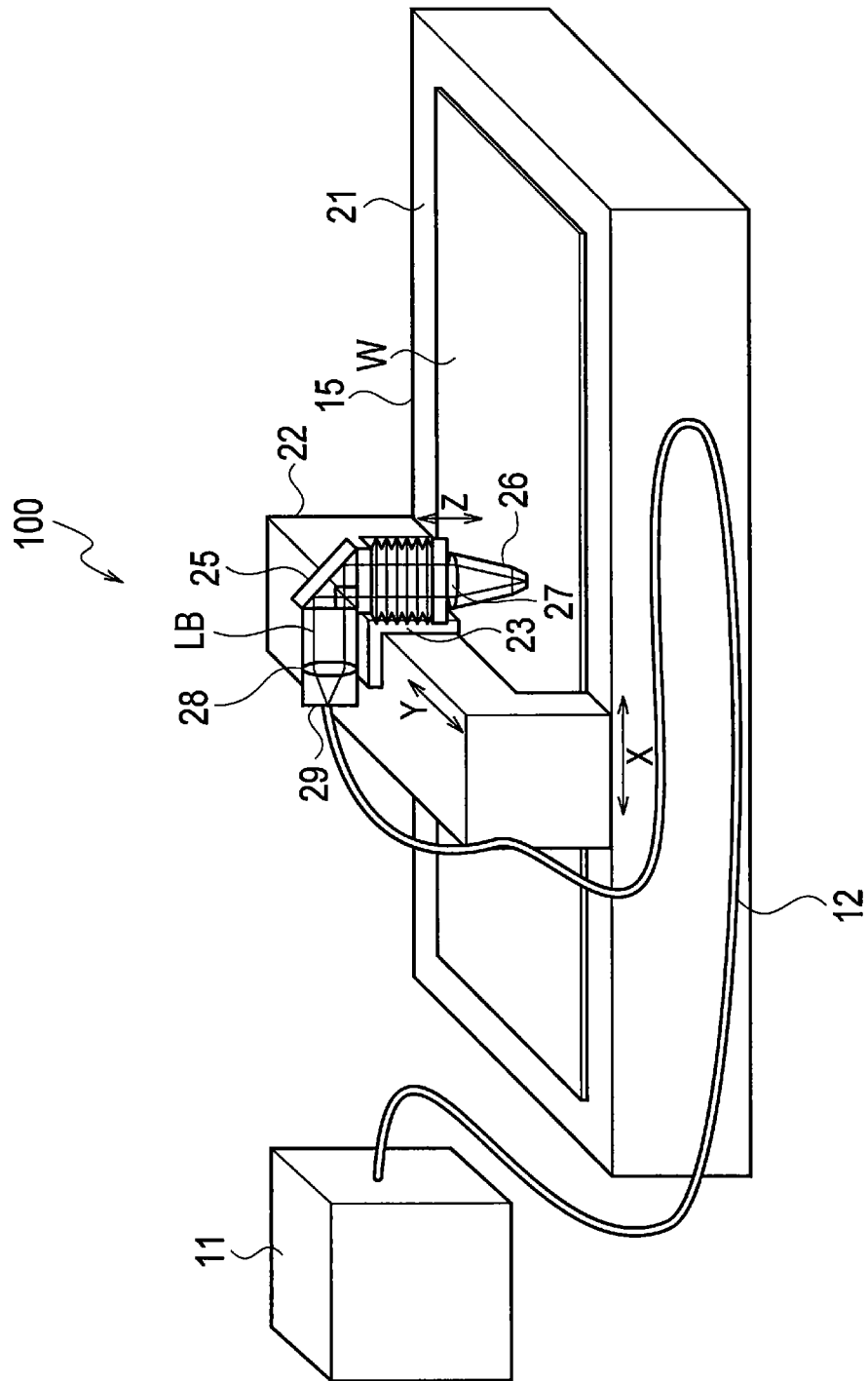
産業上の利用可能性

[0060] 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。

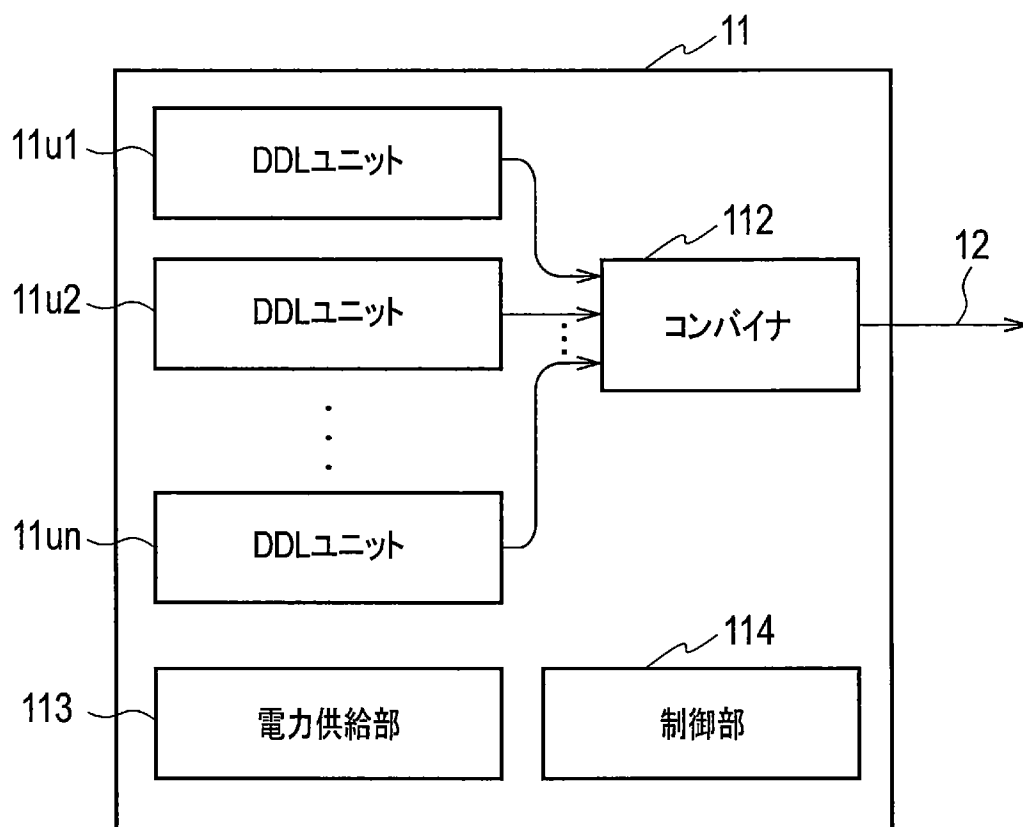
請求の範囲

- [請求項1] 直列に接続された複数のレーザダイオードが1つのバンクを構成し、複数のバンクから構成されたダイオードユニットを備え、前記ダイオードユニットは、複数の波長にロックさせる波長ロック機構を有し、前記複数のバンクそれぞれのレーザダイオードへの入力電流を波長ロック効率の特性に対応させて個別に制御して、前記ダイオードユニット全体の出力を要求される出力に制御する制御部をさらに備えることを特徴とする半導体レーザ発振器。
- [請求項2] レーザダイオードがシングルエミッタのレーザダイオードである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] レーザダイオードがシングルエミッタのレーザダイオードを複数空間結合したレーザダイオードモジュールである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] レーザダイオードがダイオードレーザバーである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5] レーザダイオードがダイオードレーザバーを複数空間結合したレーザダイオードモジュールである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6] 前記複数のバンクは、入力電流が0から所定の値までの低電流時の波長ロック効率が第1の状態である第1のバンクと、前記低電流時の波長ロック効率が前記第1の状態よりも低い第2の状態である第2のバンクとを少なくとも含み、前記制御部は、前記第2のバンクの出力を、前記ダイオードユニット全体に要求される出力が0から所定の値まで0とするよう制御することを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の半導体レーザ発振器。

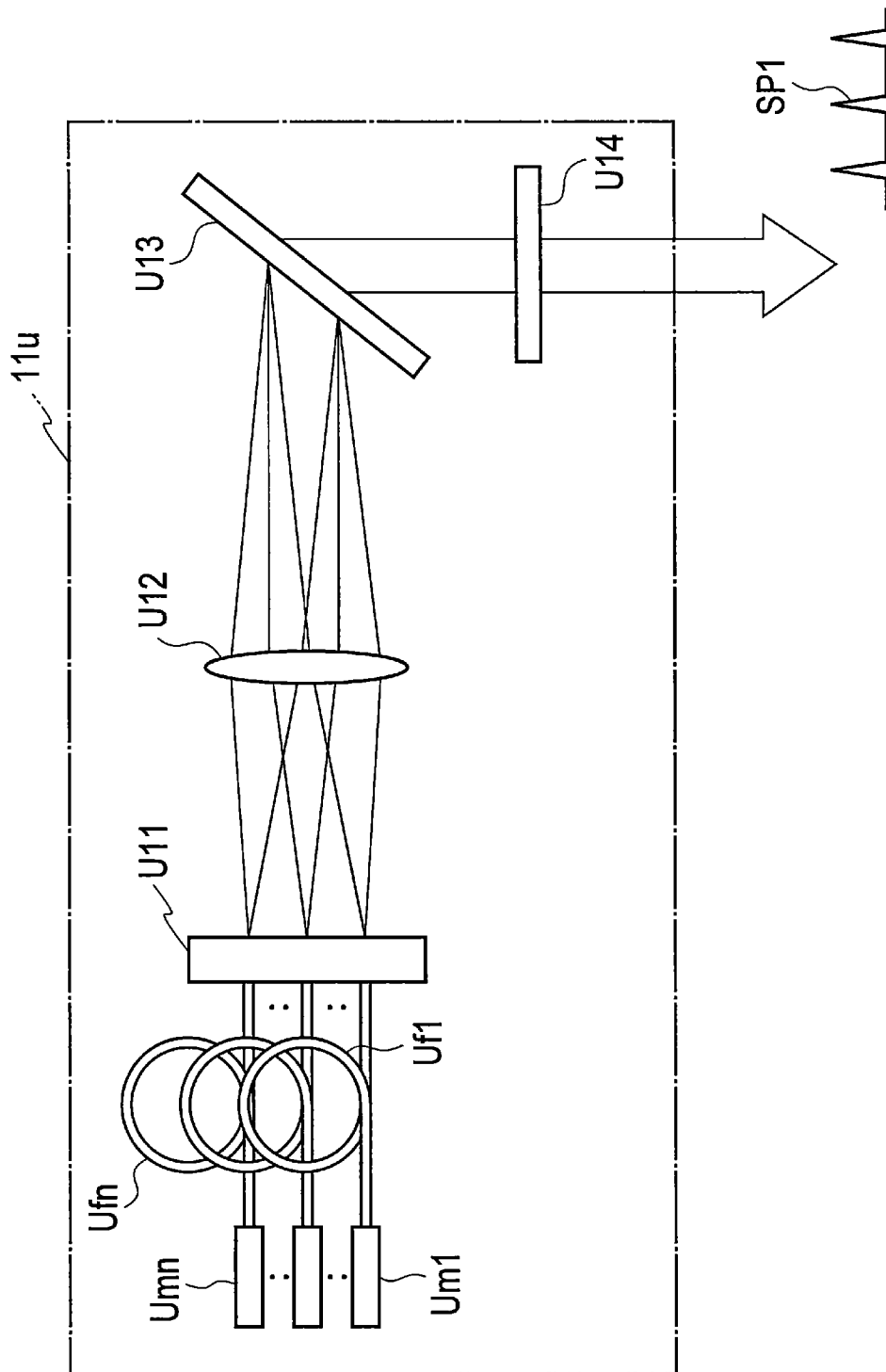
[図1]



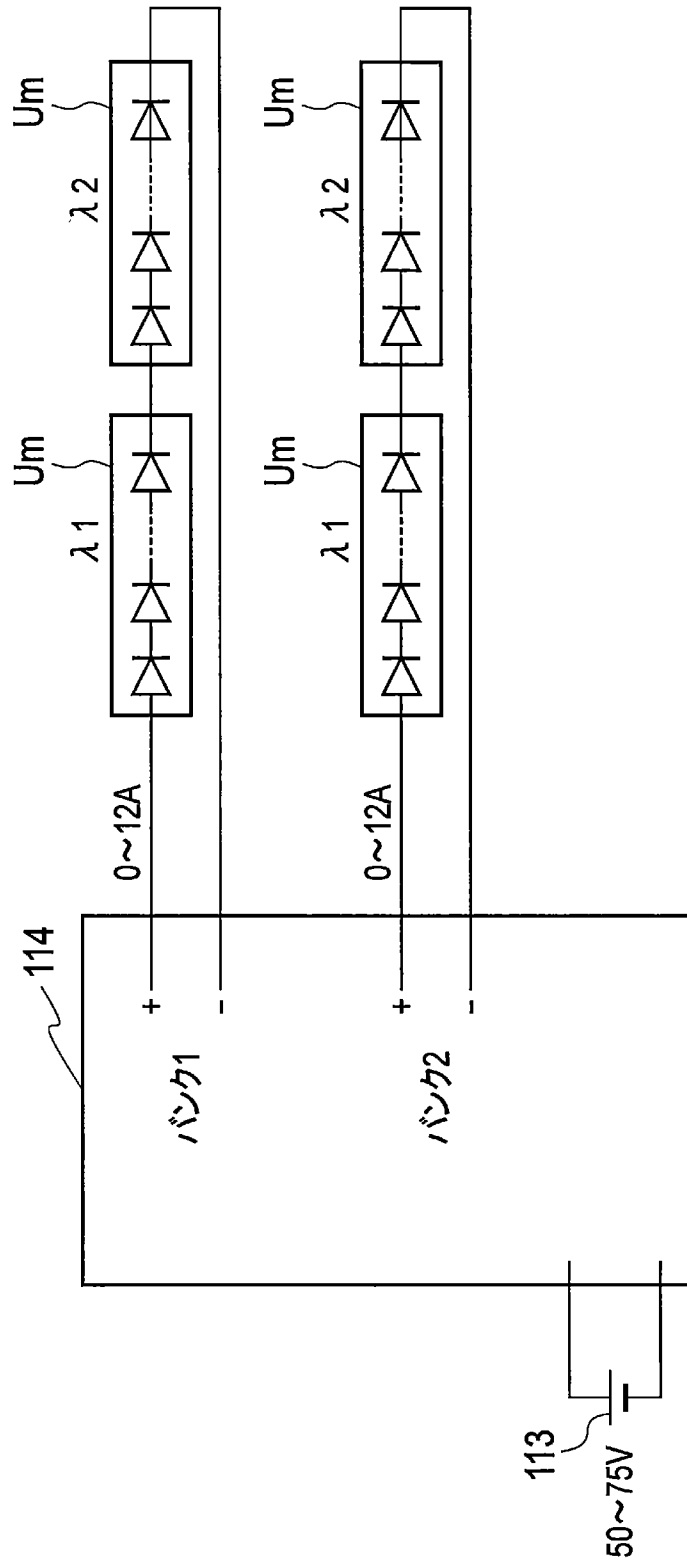
[図2]



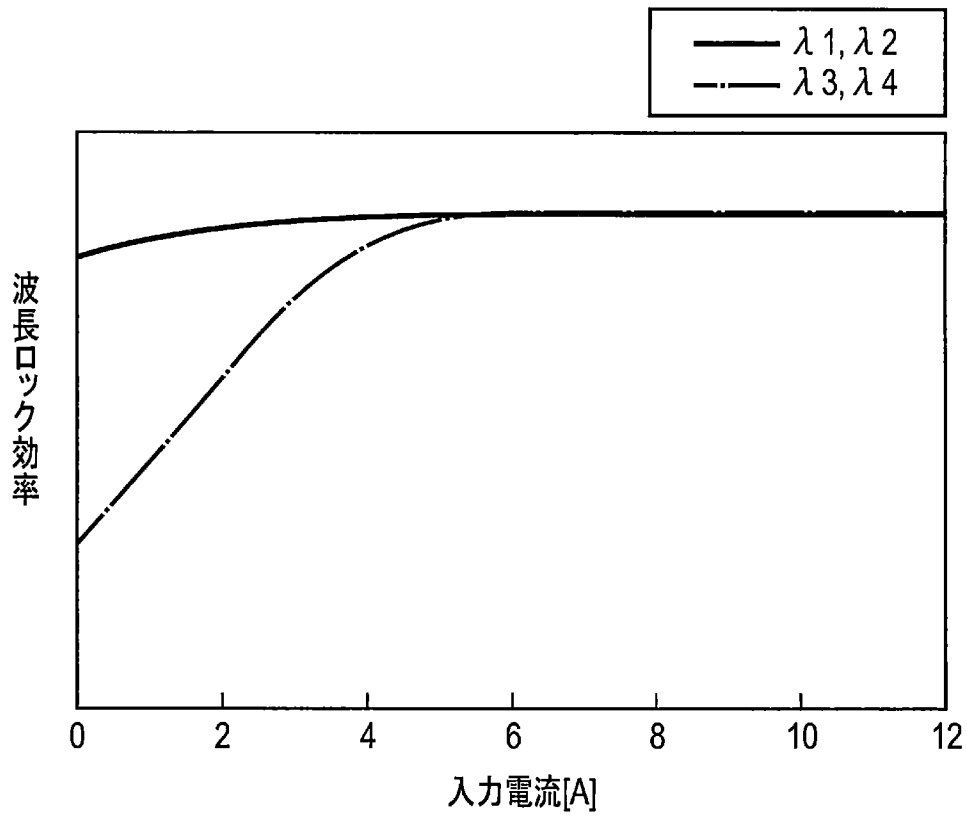
[図3]



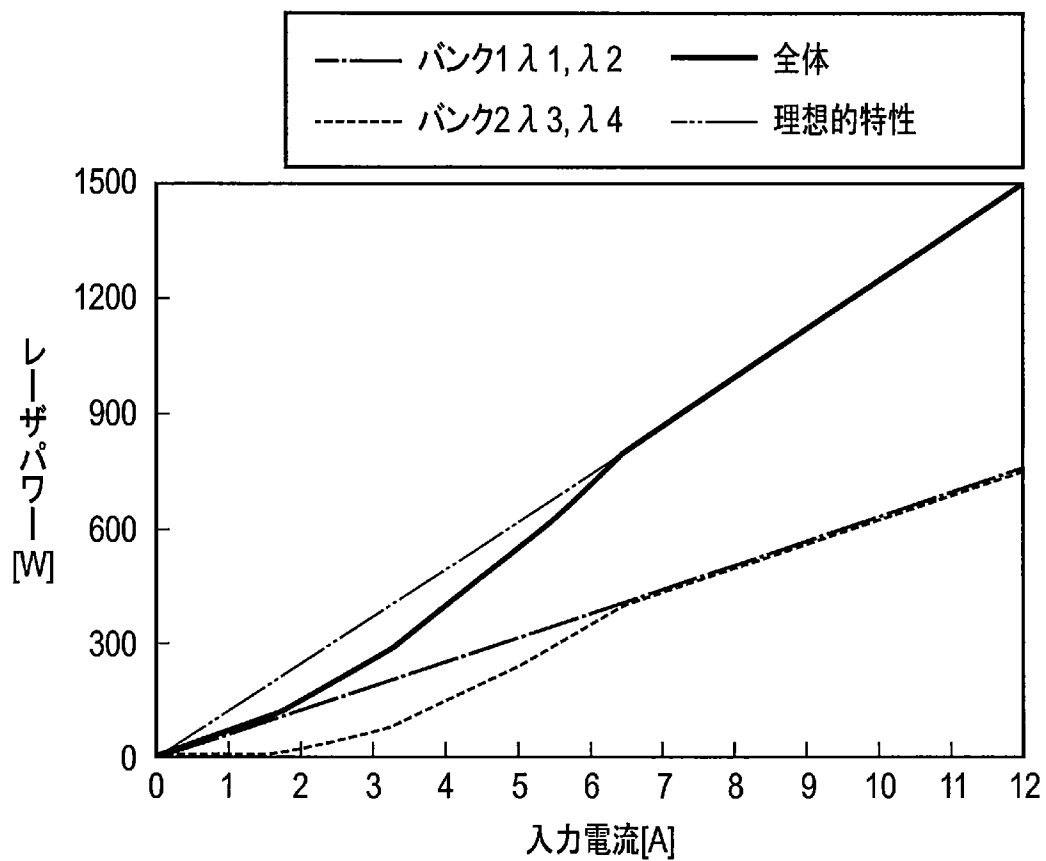
[図4]



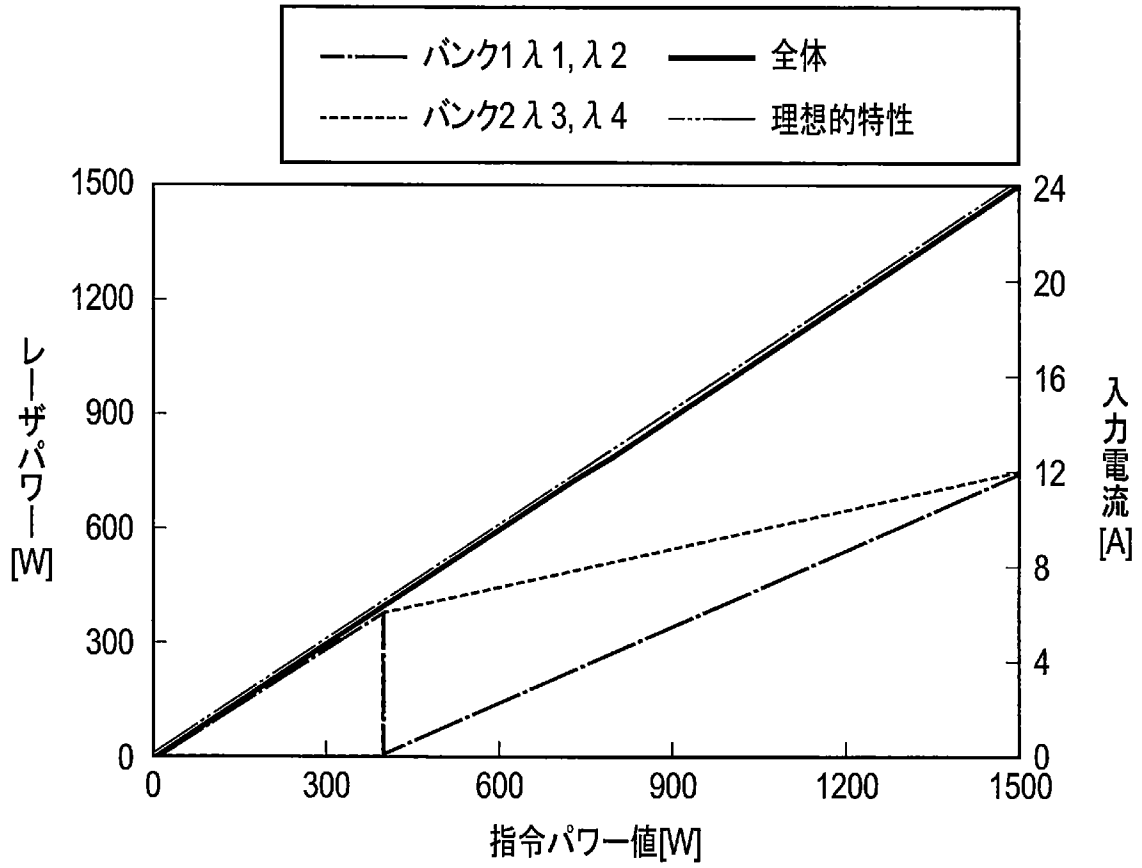
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/078877

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-233556 A (Kabushiki Kaisha Product Support, University of the Ryukyus), 21 November 2013 (21.11.2013), paragraphs [0036] to [0048]; fig. 1 (Family: none)	1-6
A	JP 2014-104479 A (Amada Co., Ltd.), 09 June 2014 (09.06.2014), paragraphs [0014] to [0027]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-6
A	JP 2013-197371 A (Fujikura Ltd.), 30 September 2013 (30.09.2013), paragraphs [0034] to [0095]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-6
A	JP 2010-263063 A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 18 November 2010 (18.11.2010), paragraphs [0011] to [0039]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-6
A	JP 2012-174720 A (Fanuc Ltd.), 10 September 2012 (10.09.2012), paragraphs [0017] to [0039]; fig. 1 to 6 & US 2012/0213238 A1 & DE 102012101144 A1 & CN 102646919 A	1-6
A	JP 2002-335042 A (Mitsubishi Chemical Corp.), 22 November 2002 (22.11.2002), paragraphs [0011] to [0032]; fig. 1 (Family: none)	1-6
A	JP 2001-284732 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 12 October 2001 (12.10.2001), paragraphs [0020] to [0028]; fig. 1 & US 2001/0033590 A1 & US 2001/0026573 A1 & US 2001/0030983 A1 & EP 1139527 A2 & EP 1143584 A2 & EP 1146617 A2	1-6
A	US 2009/0190218 A1 (GOVORKOV et al.), 30 July 2009 (30.07.2009), paragraphs [0025] to [0060]; fig. 1 to 11 & US 2008/0019010 A1 & WO 2008/010966 A2	1-6

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, B23K26/00(2014.01)i, H01S5/40(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, B23K26/00		
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 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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
A	JP 2683158 B2（ドイチュェ フォルシュングスアンシュタルト フュ ア ルフトー ウント ラウムファールト エー. ファウ.、ウニ ベルシテト シュトゥットガルト インスティテュト フュア シ ュトラールベルクツォイゲ）1997. 08. 08, 第11欄第16行-第16欄第47行, 図1-17 & JP 7-504788 A & US 5729568 A & WO 94/17576 A1 & DE 4301689 A1	1-6
A	WO 2014/133013 A1（コマツ産機株式会社）2014. 09. 04, 段落[0053]-[0065]（ファミリーなし）	1-6
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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	
21. 12. 2015	28. 12. 2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 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） 百瀬 正之 電話番号 03-3581-1101 内線 3294	2 X 4084

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	JP 2013-233556 A (株式会社プロダクトサポート, 国立大学法人琉球大学) 2013. 11. 21, 段落[0036]-[0048], 図 1 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2014-104479 A (株式会社アマダ) 2014. 06. 09, 段落[0014]-[0027], 図 1-2 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2013-197371 A (株式会社フジクラ) 2013. 09. 30, 段落[0034]-[0095], 図 1-5 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2010-263063 A (住友重機械工業株式会社) 2010. 11. 18, 段落[0011]-[0039], 図 1-4 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2012-174720 A (ファナック株式会社) 2012. 09. 10, 段落[0017]-[0039], 図 1-6 & US 2012/0213238 A1 & DE 102012101144 A1 & CN 102646919 A	1-6
A	JP 2002-335042 A (三菱化学株式会社) 2002. 11. 22, 段落[0011]-[0032], 図 1 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2001-284732 A (松下電器産業株式会社) 2001. 10. 12, 段落[0020]-[0028], 図 1 & US 2001/0033590 A1 & US 2001/0026573 A1 & US 2001/0030983 A1 & EP 1139527 A2 & EP 1143584 A2 & EP 1146617 A2	1-6
A	US 2009/0190218 A1 (GOVORKOV et al.) 2009. 07. 30, 段落[0025]-[0060], 図 1-11 & US 2008/0019010 A1 & WO 2008/010966 A2	1-6