

(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  
2015年8月6日(06.08.2015)



(10) 国際公開番号  
WO 2015/115301 A1

- (51) 国際特許分類:  
H01S 5/40 (2006.01) H01S 5/0683 (2006.01)  
B23K 26/00 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/051663
- (22) 国際出願日: 2015年1月22日(22.01.2015)
- (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 2014-015840 2014年1月30日(30.01.2014) JP
- (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 今野 進(KONNO, Susumu); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 河▲崎▼ 正人(KAWASAKI, Masato); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 森田 大嗣(MORITA, Daiji); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 桂 智毅(KATSURA, Tomotaka); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7

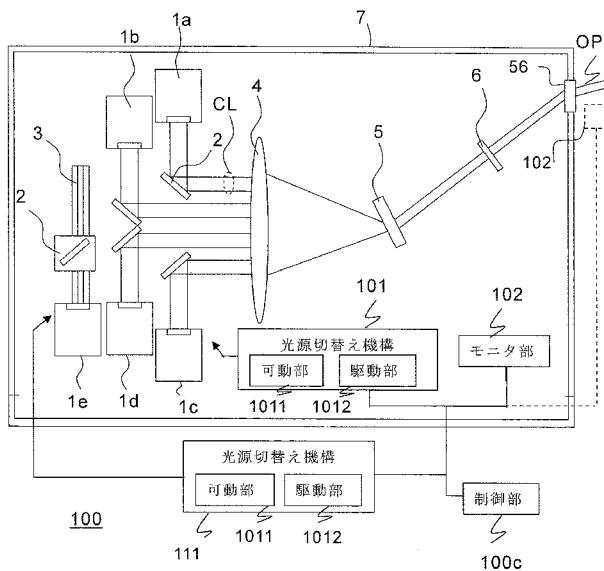
番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 藤川周一(FUJIKAWA, Shuichi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 曾我 道治, 外(SOGA, Michiharu et al.); 〒1000005 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 (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

[続葉有]

(54) Title: BEAM COUPLING DEVICE AND OUTPUT RECOVERY METHOD FOR BEAM COUPLING DEVICE

(54) 発明の名称: ビーム結合装置およびビーム結合装置の出力回復方法



101, 111 Light source switching mechanism  
1011 Movable unit  
1012 Drive unit  
102 Monitor unit  
100c Control unit

(57) Abstract: Provided are a beam coupling device and the like. The beam coupling device causes beams from a plurality of light sources and one or more spare light sources to be incident on a beam coupling optical system and to be coupled and outputted after the passage thereof through a beam coupling element, detects a breakdown in the plurality of light sources, moves at least some of the respective light sources and spare light sources and the beam coupling optical system, and causes a beam to be incident on the beam coupling optical system from the spare light source in place of the beam from the light source that has broken down and to be coupled with the beams from the plurality of light sources in an optical path after the beam coupling element.

(57) 要約: 複数の光源および1つまたは複数の予備光源からのビームを、ビーム結合光学系に入射させ、ビーム結合素子通過後に結合させて出力させるビーム結合装置において、前記複数の光源の故障を検出し、前記各光源および予備光源および前記ビーム結合光学系のうちの少なくとも一部を移動させて、故障した前記光源のビームの代わりに、前記予備光源から前記ビーム結合光学系にビームを入射させて、前記ビーム結合素子後の光路で前記複数の光源からのビームと結合させるビーム結合装置等を提供する。

WO 2015/115301 A1

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))

## 明 細 書

発明の名称：

### ビーム結合装置およびビーム結合装置の出力回復方法

#### 技術分野

[0001] この発明は、複数のレーザ光を1本の光束にまとめて使用するビーム結合装置およびビーム結合装置の出力回復方法、特に予備光源による冗長化(光源故障時のリカバリ機能)等に関するものである。

#### 背景技術

[0002] 例えば下記特許文献1に開示された従来のこの種のビーム結合装置では、複数設けられたレーザ光出射ユニットにそれぞれ光ファイバが固定され、これらの光ファイバを束ねて光ファイバのハンドル部を形成する、複数のレーザビームを結合する構成を有していた。

#### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特許第5270949号明細書(4頁50行～5頁8行、図1～5)

#### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] このような従来のビーム結合装置にあっては、各レーザ光出射ユニットにそれぞれ光ファイバが固定されているため、複数のレーザビームを結合させる際に自由度がない。このため例えば、故障時のための予備のレーザ光出射ユニットを設けた場合、結合できるビーム本数に限りがあるため、予備のレーザ光出射ユニットが結合する本数の一部を占有することから、レーザ出力の上限が低くなってしまう。

[0005] この発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、複数のレーザビームの結合を自由度のある構造とし、レーザ出力の上限を下げることなく、予備光源を追加可能なビーム結合装置等を得ることを目的と

している。

### 課題を解決するための手段

[0006] この発明は、複数の光源と、1つまたは複数の予備光源と、前記各光源および予備光源からのビームをビーム結合素子に結合させて出力するビーム結合光学系であって、前記各光源および予備光源から前記ビーム結合光学系に入射したビームが前記ビーム結合素子通過後に結合するものと、故障を検出するために前記各光源からのビームをモニタするモニタ部と、前記光源の故障が検出された時に、前記各光源および予備光源および前記ビーム結合光学系の少なくとも1部に設けられた可動部により、前記各光源および予備光源および前記ビーム結合光学系のうちの少なくとも一部を移動させて、故障した前記光源のビームの代わりに、前記予備光源から前記ビーム結合光学系にビームを入射させて、前記ビーム結合素子後の光路で前記複数の光源からのビームと結合させる光源切替え部と、を備えたビーム結合装置等にある。

### 発明の効果

[0007] この発明では、複数のレーザビームの結合を自由度のある構造とし、レーザ出力の上限を下げることなく、予備光源を追加可能なビーム結合装置等を提供できる。

### 図面の簡単な説明

- [0008] [図1]この発明の実施の形態1によるビーム結合装置の概略構成図である。  
[図2]この発明の実施の形態1によるビーム結合装置の動作を説明するための図である。  
[図3]この発明の実施の形態2によるビーム結合装置の概略構成図である。  
[図4]図3のLDパッケージの側面図である。  
[図5]この発明の実施の形態3によるビーム結合装置の概略構成図である。  
[図6]この発明の実施の形態3によるビーム結合装置の動作を説明するための図である。  
[図7]この発明の実施の形態4によるビーム結合装置の概略構成図である。  
[図8]この発明の実施の形態4によるビーム結合装置の空間結合(位置結合)を

説明するための図である。

[図9]この発明の実施の形態4によるビーム結合装置の偏光結合を説明するための図である。

[図10]この発明の実施の形態4によるビーム結合装置の波長結合を説明するための図である。

[図11]この発明の実施の形態4によるビーム結合装置のモジュール停止時の動作を説明するための図である。

[図12]この発明の実施の形態5によるビーム結合装置の概略構成図である。

[図13]この発明の実施の形態5によるビーム結合装置の予備光源を搭載しないレーザモジュールの構成の一例を示す図である。

[図14]この発明の実施の形態5によるビーム結合装置の予備光源を搭載しないレーザモジュールの光源故障時の回路構成を示す図である。

[図15]この発明の実施の形態7によるビーム結合装置の概略構成図である。

[図16]この発明の実施の形態3によるビーム結合装置の配線切替ボックスの別の構成例を示す図である。

[図17]この発明の実施の形態8によるビーム結合装置の概略構成図である。

[図18]この発明の実施の形態8によるビーム結合装置の動作を説明するための図である。

[図19]この発明の実施の形態8によるビーム結合装置の動作を説明するための図である。

[図20]この発明の実施の形態8によるビーム結合装置の動作を説明するための図である。

[図21]この発明の実施の形態8によるビーム結合装置の各LDパッケージの故障に対する折り曲げミラーの制御を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0009] 以下、この発明によるビーム結合装置等を各実施の形態に従って図面を用いて説明する。なお、各実施の形態において、同一または相当部分は同一または相当する符号で示し、重複する説明は省略する。

## [0010] 実施の形態 1.

図 1 はこの発明の実施の形態 1 によるビーム結合装置の概略構成図である。波長結合外部共振器を含むビーム結合装置 100 は、光源であるレーザダイオード(LD)素子からの光を分散性によって、1本のビームに結合して出力する。図 1 を使用して動作機構を簡単に説明する。LDバーを搭載した光源であるLDパッケージ 1a-1e から出射したレーザビームは、各LDパッケージ 1a-1e に対して各 1 個設けられた折り曲げミラー 2 (光路上でビーム方向を変更する光学素子)で方向が変更されて、シリンドリカルレンズ 4 に入射される。レーザビームはシリンドリカルレンズ 4 によってビーム結合素子である回折格子 5 で重畳され、回折格子 5 の分散性によって、回折格子 5 と部分透過ミラー 6 の間で 1 本のビームに重畳される。LDパッケージ 1a-1e、各折り曲げミラー 2、後述するレール 3、シリンドリカルレンズ 4、回折格子 5、部分透過ミラー 6 を収納する筐体 7 が設けられており、筐体 7 からビームを取り出すよう、ビーム透過素子および分散光学素子の機能を有する出力透過素子 56 等が配置されている。図 1 において、LDパッケージ 1e は予備光源であり、他のLDパッケージと同等のものが搭載されている。また、破線で例示するようにコリメートレンズ CL を必要に応じて、適宜設ける(以下同様)。

[0011] 図 2 は、図 1 の構成において、LDパッケージ 1b が故障した際に、予備のLDパッケージ 1e が動作する様子を示したものである。LDパッケージ 1b のレーザビーム出力側に置かれていた折り曲げミラー 2 は取り除かれまたはLDパッケージ 1b のレーザビームの光路外に移動され、代わりに予備のLDパッケージ 1e の折り曲げミラー 2 がレール 3 の上を動いて、LDパッケージ 1b の光路があった位置と光路が重なるよう配置される。折り曲げミラー 2 は、LDパッケージ 1b の代替として機能し得るに十分な配置精度で配置されている。なお、レール 3 はレーザビームを遮らないように光路からオフセット(例えば図の紙面裏面側にオフセット)されている。

[0012] なお、レール 3 を各LDパッケージ 1a-1e のそれぞれに設けて、折り

曲げミラー 2 をそれぞれに移動させるようにしてもよい。また、LDパッケージ 1 e の折り曲げミラー 2 および LD パッケージ 1 b の折り曲げミラー 2、さらにはその他の LD パッケージの折り曲げミラー他の移動は、手動または電動で行い、筐体 7 の外側から行うことができるような機構が設けてあり、筐体 7 を開けることなく、移動することができる。また、LD パッケージ 1 a - 1 e の出力低下は随時、筐体 7 の内側または外側で個別にモニタできるような図 1 に示すようなモニタ機構(モニタ部 102)が設けられていることが望ましい。なお、図 2 以降では筐体 7 の外側の構成の図示は省略する。

[0013] 具体的には、各 LD パッケージ 1 a - 1 e は給電回路から電力供給の調整、オンオフが施される。また各 LD パッケージ 1 a - 1 e はそれぞれレール 3 上に折り曲げミラー 2 を移動させる駆動モータ(図示省略)を備えている。これらの光源切替え機能を光源切替え機構 101 として示す。また LD パッケージ 1 a - 1 e の故障を検出するための LD パッケージの状態のモニタ装置(LD パッケージから出力されるレーザビームの波長、レーザビーム強度(出力)、出射方向、LD パッケージの LD での電圧等をモニタする)をモニタ部 102 として示す。筐体 7 の外側に設けられたコンピュータ等からなる制御部 100c は、光源切替え機構 101 およびモニタ部 102 に接続され、光源切替え機構 101 を制御して LD パッケージのオンオフ(具体的には給電回路からの給電のオンオフにより給電回路への接続、切り離しを行う)、供給電力の調整、オペレータからの入力に従って折り曲げミラー 2 の移動の制御を行う。また、モニタ部 102 がモニタした LD パッケージの状態に従って故障 LD パッケージを判定する。

[0014] 制御部 100c は、モニタ部 102 からの LD パッケージの状態から故障 LD パッケージを判定し、判定結果に従って光源切替え機構 101 を制御して、故障 LD パッケージを給電回路から切り離し、代わりに予備 LD パッケージを給電回路に接続し、さらに故障 LD パッケージの折り曲げミラーを光路から外し、予備 LD パッケージの折り曲げミラーを光路が故障 LD パッケージの光路に重畳するように移動させるようにしてもよい。

- [0015] また、折り曲げミラー 2 の移動を手動で行う場合には、一端が折り曲げミラー 2 に連結され他端が筐体 7 を貫通して外部に突出した操作棒をオペレータが手動で操作する。
- [0016] このように構成されたビーム結合装置においては、筐体 7 を開けることなく、故障の発生した LD パッケージの代わりに、予備の LD パッケージの動作を開始することが可能である。
- [0017] この実施の形態においては、LD パッケージが LD バーを搭載した場合について述べたが、LD チップはシングルチップでもよい。
- [0018] また、LD パッケージの個数は、運転開始時に 4 個が動作し、予備 LD パッケージが 1 個である場合について示したが、LD パッケージ、予備 LD パッケージの数はこれに限定されない。例えば予備 LD パッケージを複数設けてもよい。
- [0019] また、この実施の形態においては、透過型の回折格子 5 を分散性媒質として使用しているが(波長結合外部共振器)、ビームを結合する方法であれば、波長結合、偏光結合、空間結合(位置結合)、いずれの場合においても同様の装置(ビーム結合外部共振器)を構成することができる。
- [0020] また、光源をビーム結合装置の出力側で光ファイバ OP (図 1 参照)に結合する場合は、光路差等によって、LD パッケージ 1 b からの光と LD パッケージ 1 e からの光に差異が生じてても、ある程度であれば、ファイバ伝播によるビームモードの等方化効果によって、予備 LD への切り替えによるビームの変動の影響を緩和することができる。
- [0021] この実施の形態においては、LD パッケージの光出力が低下する等により、正常動作ができなくなった際に、筐体中に配置された予備の LD パッケージが動作を開始することによって、正常動作を継続することができる。また、正常動作時には、予備の LD パッケージは波長結合外部共振器の光路を全く占有しないため、予備の LD パッケージがあることによって、正常動作時の出力の限界が下がることもない。そのため、同じ数の LD パッケージを使用した場合に、LD 故障時に予備 LD パッケージによる代替動作ができるこ

とによる冗長性を保持しながら、光路を占有しないことにより、出力の限界を下げないで冗長性を確保する効果がある。また、どのLDパッケージが故障したかを自動計測する装置を備えたことにより、筐体を開けることをせずに、代替動作が可能である。そのため、コンタミネーションや湿気の影響を受けない交換が可能である。

[0022] なお、図1の光源切替え機構101に上記の動作を行うための可動部1101とこの可動部1101を駆動する駆動部1102を模式的示した。

可動部1101は例えば、折り曲げミラー2をレール3上に移動させる機構、さらに例えば図16に示されるような、各LDパッケージ1a-1eへの給電回路からの電力供給の調整、オンオフ制御を行う機構の電動スイッチ等を含む。

駆動部1102は例えば、上述の可動部を駆動するための駆動モータ、LDパッケージへの給電回路、およびこれらの電源等を含む。

なお、これらの具体的な構成は使用形態により適当な構成のものを選択して設ければよい(以下同様)。

なお、光源切替え機構101の一部は後述するように筐体7の外に設けた方が好ましい場合もあり、光源切替え機構111として示した。

なお、図2以降の図ではこれらの図示を省略する。

[0023] 実施の形態2.

図3はこの発明の実施の形態2によるビーム結合装置の概略構成図である。図3に示すように、移動式の予備LDパッケージを設けて光路を切替えられるようにして、冗長性の高いビーム結合装置を構成してもよい。図3において、LDパッケージ1f、1g、1hから発生したレーザビームは、シリンドリカルレンズ11によってコリメートされ、回折格子5aで重畳される。回折格子5aから部分透過ミラー6aの間ではビームは重畳しており、回折格子5aからLDパッケージ1f、1g、1hの間では異なる光路となっている。回折格子5aの持つ分散性によって、異なるLDパッケージからのビームが異なる波長を持ち、異なる角度で回折されるため、部分透過ミラー

6 a から 1 本のビームとしてビームは取り出される。

[0024] 図 4 には図 3 の矢印 A の方向からの LD パッケージ 1 h を側面から見た図を示す。この実施の形態においては、LD パッケージ 1 f、1 g、1 h の下部側(図 3 において図面用紙の裏面方向)に設けられた予備 LD パッケージ 1 i は、LD パッケージ故障時、可動ミラー 2 a、2 b が移動することによって、光路を打ち上げ(光路を上方に平行移動させる)、LD パッケージ 1 h から回折格子 5 a に至る光路と重畳させることができるよう構成されている。また、LD パッケージ 1 i およびその可動ミラー 2 a、2 b は、図 3 において点線の矢印で示したように、回折格子 5 a を中心として回転する方向に移動することができるよう構成されており、故障時に、LD パッケージ 1 h だけでなく、LD パッケージ 1 f、1 g の光路にも重畳できるよう構成されている。

[0025] このように構成されたビーム結合装置においては、LD パッケージ 1 f、1 g、1 h のどれが故障した場合においても、LD パッケージ 1 i、そのシリンドリカルレンズ 1 1 b、および打ち上げ(光路平行移動)用の可動ミラー 2 a、2 b が回転していき、迫り上がることによって、故障した LD パッケージの光路が代替され、予備 LD パッケージを故障パッケージに替わって動作開始させることができる。

[0026] この実施の形態内には詳細は図示されていないが、望ましくは、上記実施の形態と同様に例えば、制御部 1 0 0 c、光源切替え機構 1 0 1、1 1 1、モニタ部 1 0 2 を設け、LD パッケージ 1 f、1 g、1 h のどれが故障したかを判定して、故障した LD パッケージを予備 LD パッケージ 1 i で代替するのがよい。故障した LD パッケージのモニタ部 1 0 2 は、波長結合共振器なので、波長をモニタする装置を搭載していてもよいし、波長測定装置の分のコスト削減のため、モニタ時のみ既存の波長測定装置を結合できるファイバ端子を設けてもよい。

[0027] また、各 LD パッケージの電圧をモニタしてもよい。さらに、回折格子 5 a の 0 次光が漏れて来る回折格子 5 a を使用している場合には、漏れ光の方

向をモニタし、どのLDパッケージが故障したか、検出してもよい。

[0028] また、望ましくは、モニタ部は自動で動作するか、モニタ部が装置の筐体7a外に設けられていて、さらに、可動部を移動させる機構と、配線を切り替え、故障LDパッケージに電流が流れないようにし、予備LDパッケージに電流が流れるよう切替える機構が装置の筐体外に設けられていて、筐体を開けなくても切替えが可能である方が望ましい。

[0029] この場合、例えば光源切替え機構101は、LDパッケージ1i、そのシリンドリカルレンズ11b、および打ち上げ(光路平行移動)用の可動ミラー2a、2bを、回折格子5aを中心として回転する方向に移動させ、さらに可動ミラー2a、2bの迫り上がり動作を行わせる。LDパッケージ1i、シリンドリカルレンズ11b、可動ミラー2a、2bは例えばこれらの動作を行わせるそれぞれ駆動モータを設けた可動支持部(図示省略)上に設けられており、光源切替え機構101は可動支持部を動かす制御を行う。また上記実施の形態と同様に、各LDパッケージの給電の調整、オンオフを行う。モニタ部102はLDパッケージ1f、1g、1hの状態をモニタする。制御部100cは、モニタ部102からのLDパッケージの状態のモニタ結果から故障LDパッケージを判定し、判定結果に従って光源切替え機構101を制御して、故障LDパッケージ(例えば1h)を給電回路から切り離し、代わりに予備LDパッケージ1iを給電回路に接続し、さらにLDパッケージ1i、そのシリンドリカルレンズ11b、および可動ミラー2a、2bを故障LDパッケージ下方まで回転させ、可動ミラー2a、2bを迫り上がらせる動作を行わせる。

[0030] なお、制御部100cの表示部(図示省略)に、モニタ部102からのLDパッケージの状態の検出結果を表示し、表示からオペレータが故障LDパッケージを判定して、故障LDパッケージを予備LDパッケージに切り替える指示をオペレータが制御部100cに入力し、入力された指示に従った制御部100cからの制御信号に従って光源切替え機構101が上記切替え動作をするようにしてもよい。

[0031] また、モニタ部 102 を筐体 7 a の外に設け、筐体内のレーザビーム波長、レーザビーム強度(出力)、出射方向、LDパッケージのLDでの電圧等を検出するセンサ(図示省略)からの検出信号を筐体 7 a の外で受けるようにしてもよい。または筐体 7 a の一部を透明にして、離れた場所から検出可能なレーザビームの状態を筐体 7 a の外からモニタするようにしてもよい。また、光源切替機構 101 に関し、LDパッケージの給電回路への接続、切り離しを、以降の実施の形態でも説明するように、筐体 7 a の外に、配線切替を行う配線切替ボックスを設けて、手動、または配線切替ボックスに電動スイッチを設けて制御部 100 c からの制御信号でオンオフ制御して、配線切替を行ってもよい。これは他の実施の形態についても同様である。

[0032] このように構成されたビーム結合装置においては、LDパッケージ故障時に故障したLDパッケージを予備LDパッケージに交換することが可能であるため、予め、予備LDパッケージのための光路を開けておく必要はなく、より大きな出力を発生させることが可能である。また、交換の際に、故障部品を検知して筐体外部から操作を行うことができ、コンタミネーションによる故障の影響を緩和できる。また、交換に必要とされる時間と手間を軽減することができる。

[0033] なお、複数の光源であるLDパッケージ 1 f、1 g、1 h は例えば、ビーム結合素子である回折格子 5 a を中心として同心円状に配置されている。予備光源であるLDパッケージ 1 i は、LDパッケージ 1 f、1 g、1 h より半径が小さくかつ同心円を含む面に対して直交する方向にオフセットされた同心円状の軌道を移動する。

光源切替機構 101 の可動部は例えば、LDパッケージ 1 i、シリンドリカルレンズ 11 b、可動ミラー 2 a、2 b を上記のように移動可能に支持するは可動支持部、さらに例えば例えば図 16 に示されるような、LDパッケージへの給電回路からの電力供給の調整、オンオフ制御を行う機構の電動スイッチ SW、等を含む。駆動部は、これらの可動部を動かす駆動モータ、LDパッケージへの給電回路、およびこれらの電源等を含む。

[0034] 実施の形態3.

図5はこの発明の実施の形態3によるビーム結合装置の概略構成図である。図5に示すように、分散性を利用した波長結合外部共振器内に、予備光源(予備LDパッケージ)用光路を1つ設け、故障(不良)発生時に、電源からの配線切替えのみで光路を切替える構成としてもよい。図5に示す実施の形態において、LD装置の使用開始時には、LDバーを搭載したLDパッケージ1f、1g、1hが、LDパッケージの給電回路との接続、切り離しを行う配線切替ボックス10上で直列に接続されていて動作しており、実施の形態2と同様に、外部共振器を形成している。すなわち、部分透過ミラー6bと回折格子5aの間は共通の光路、回折格子5aとLDパッケージ1f、1g、1hの間は、回折格子5aの分散性によって回折角が波長によって異なることにより、別々の光路が形成されている。また、予備(光源)LDパッケージ1jは、故障防止のため、使用開始時、+(正極)端子と-(負極)端子が接続されている。LDパッケージ1f、1g、1h、予備(光源)LDパッケージ1jにはシリンドリカルレンズ11cがそれぞれ設けられている。

[0035] 次に、LDパッケージ1gが故障した場合に予備光源(LDパッケージ)1jがLDパッケージ1gの動作を代替する様子を図6に示した。図6において予備LDパッケージ1jは、LDパッケージ1f-1hからの光が入射している回折格子5aにおいて、ビームが他LDと同じ位置に入射し、重畳するよう構成されており、また、回折格子5aから部分透過ミラー6bまでの間で他のビームと同一光軸となるよう構成されている。

[0036] また、予備LDパッケージ1jは、図6のように配置された位置での回折角に対応した波長帯に他LDを代替するのに十分な利得を有する。

[0037] また図6においては、予備LDパッケージ1jが端に配置されているが、必ずしも端に配置されている必要はなく、LDパッケージ間でも、両端に配置されていてもよい。

[0038] また、予備LDパッケージ1jの数は1つと限る必要はなく、装置に必要とされる冗長性に応じて、いくつ配置してもよい。

また、回折格子 5 a から部分透過ミラー 6 b までの光路を他の LD パッケージと共有できること、予め定められた出力、予め定められた集光性が得られること等の動作は装置の使用開始前に予め調整されている。

[0039] LD パッケージ 1 g が故障した際、まず、どの LD パッケージが故障したかを、モニタ部 102、モニタ結果を表示する表示部を設けた制御部 100c により検知、表示する。故障 LD パッケージの検知方法は、実施の形態 2 に記したように、各 LD パッケージの電圧をモニタしてもよいし、また各 LD パッケージのレーザビーム出力、出射方向、波長等をモニタしてもよい。また、モニタするための端子や受光部だけを設けておき、検査時にファイバやコンソール、PC (パーソナルコンピュータ) を接続してもよい。どの LD パッケージが故障したか検知され表示されると、オペレータは、筐体 7 b の外に配置されている配線切替ボックス 10 において、図 6 に示したように、LD パッケージ 1 g への電流供給を止め(給電回路から切り離す)、予備 LD パッケージ 1 j を給電回路に接続して電流供給が開始されるように配線を切替え、装置を動作させる。

なおこの際、給電回路の図 5 に示した電源 PS により電流、電圧を調整して LD パッケージの出力を調整するようにしてもよい。またこの電源 PS は各駆動部の駆動モータの電源としても使用可能である。

[0040] この実施の形態においては、光源切替え機構である配線切替ボックス 10 が筐体の外に設けられていて、筐体を開けることなく、配線の切替が可能であるため、筐体内に配置された光学素子や LD 素子へのコンタミネーション、湿気の及ぼす悪影響を避けることができる。また、配線の切替えとモニタを早く行うことができるため、メンテナンスを行うオペレータの負担を軽くすることができる。可能であれば、故障 LD パッケージの検知と配線の切替えのうち、どちらか、もしくは両方を自動で行うことが望ましい。

[0041] すなわち、上記実施の形態で説明したのと同様に、制御部 100c で、モニタ部 102 からの LD パッケージの状態のモニタ結果から故障 LD パッケージを判定し、判定結果に従って、図 16 に例示するように、光源切替え機

構(可動部、駆動部を含む)となる配線切替ボックス10上に設けられた、配線の接続、切り離しを行う電動スイッチSWへの開閉制御信号を出力して、故障LDパッケージを給電回路から切り離し、代わりに予備LDパッケージ1jを給電回路に接続する。またさらに、給電回路の電源PSを制御して電流、電圧の調整を行うようにしてもよい。

図16について簡単に説明すると、LDパッケージ1f-1h、および予備LDパッケージ1jは直列に接続されており、電動スイッチSWを備えた短絡回路が各LDパッケージに設けられている。図5の状態に相当する初期には、予備LDパッケージ1jの短絡回路の電動スイッチSWがオン(接続されて通電状態)になっており、LDパッケージ1f、1g、1hの短絡回路の電動スイッチSWはオフ(非接続、通電できない状態)で、LDパッケージ1f、1g、1hが動作し、装置が機能を発揮する。そして例えば図6に示すようなLDパッケージ1gが故障した場合、LDパッケージ1gに設けられた短絡回路の電動スイッチSWがオフ状態からオン状態となり、予備LDパッケージ1jに設けられた短絡回路の電動スイッチSWが逆にオン状態からオフ状態となることにより、LDパッケージ1f、1h、予備LDパッケージ1jが動作する。なおこの切替え回路の構成は一例であり、用途に合わせて適当な構成とすればよい。

[0042] 従来、電流が小さい場合は自動での電流切替が容易であったが、この実施の形態のように、数A以上のレベルの大電流の切替は自動化が難しく、装置が大型化してしまう場合があるため、配線切替ボックス10を、筐体外に設け、手動で切替える機構を設けてもよい。すなわち、この発明の効果は光源に通電される電流が1Aを超える電流の場合、より大きく発揮される。

[0043] この実施の形態のように、予備パッケージに別途、光路を設けて波長結合外部発振器を構成することにより、実施の形態2のように、移動機構等を設けなくとも、配線の切り替えだけによって、故障時に正常動作を継続することが可能である。移動機構を省くことにより、装置の小型化、交換時間の短縮を図ることができる。

[0044] 実施の形態4.

図7はこの発明の実施の形態4によるビーム結合装置の概略構成図である。図7において、レーザモジュール12a-12hは、それぞれ例えば実施の形態3dで説明した予備LDパッケージを備えた波長結合外部共振器である。すなわち例えば図5のLDパッケージ1f-1h、予備LDパッケージ1j、シリンドリカルレンズ11c、回析格子5a、部分透過ミラー6b、筐体7b、さらに配線切替ボックス10、モニタ部102、制御部100cを含む。この実施の形態において、隣のレーザモジュール、すなわち、12aと12b、12cと12d、12eと12f、12gと12hはそれぞれ、空間結合(位置結合)されて、各モジュールからの合計8本の出射ビームは4本となる。

[0045] 空間結合(位置結合)について、図8を用いて簡単に説明する。図8において、レーザモジュール12aと12bから発生したレーザビームは、第1のシリンドリカルレンズ13によって、集光される。そして、集光点を過ぎた後に配置された第2のシリンドリカルレンズ14によってコリメートされ、第1のシリンドリカルレンズ13に入射したときより間隔を狭められる。このようにして間隔を狭められたレーザビームは、空間結合(位置結合)した2本のビーム全体としての集光性が、レーザモジュール12aと12bから出射された直後に比べて向上しており、1本のビームに重畳はしていないが、ファイバ径、ファイバのNA(Numerical Aperture)を適切に選択すれば、ファイバに入射可能なサイズと拡がり角に収めることができ、実質的に結合できたといえる。また、図8に示した方法は一例であり、光学系は他にも多種考えられる。また、ここでは2本のビームを結合した場合について示したが、空間結合(位置結合)するビームの本数はレーザモジュールから出射されるビームの集光性に依存して、ファイバに入射可能な集光性を維持できれば、本数を増やしてもよい。

[0046] 次に、図7のように空間結合(位置結合)されたビームが偏光結合され、全部で2本のビームとなる。図9を用いて偏光結合について説明する。図9に

において、レーザモジュール12aと12bから発生したレーザビームは、波長板や偏光ローテータ等の偏光回転素子15によって図9に示したように偏光方向を90度回転させられる。その結果、レーザモジュール12aと12bから発生したビームの偏光方向は、レーザモジュール12cと12dから発生したビームの偏光方向と90度異なる状態になり、偏光素子16によって、1本のビームに重畳される。

[0047] 次にさらに、図7のように波長結合によって、1本のビームに結合される。波長結合について図10を用いて説明する。レーザモジュール12a-12dからのビームと、レーザモジュール12e~12hからのビームを波長結合ミラー17で結合することによって、1本のビームにまとめている。レーザモジュール12a-12dと、レーザモジュール12e-12hは異なる波長のレーザダイオードを使用する必要がある。また、波長結合のビーム本数も、2本に限ることはなく、3本以上、いくつでもよいが、そのためには異なる仕様のレーザダイオードを用意する必要がある。最後に図7にあるようにファイバ結合され使用される。

[0048] 以上のように構成されたビーム結合装置においては、必ずしも図5、6のように1個のレーザモジュール内に各1個のLDパッケージ(LD)が故障すると限ったわけではなく、1個のレーザモジュール内で2個以上のLDパッケージが故障することもあり得る。また、断線やコンタミネーション等によって故障し、レーザモジュール1個が一度に動作しなくなることもあり得る(1個のレーザモジュール内の全てのLDパッケージが故障またはビームが出力できない状態になる)。

[0049] 図11は、レーザモジュール12eが動作できなくなった場合の、この発明のビーム結合装置の動作を示した図である。図11にあるように、レーザモジュール12eが故障して動作できない場合、レーザモジュール12eは動作が停止してしまう。このとき、他のレーザモジュールに搭載された予備LDパッケージを全部稼動することによって、応急処置として、レーザモジュール12eの停止による出力低下を補い、運転を続け、メンテナンスまで

の動作継続を行う。そのために、各レーザモジュールには、複数の予備LDパッケージを備え付けてもよいし、1個も予備LDパッケージを備え付けないレーザモジュールがあってもよい。また、応急処置において、予備LDパッケージ稼動以外に、電流を増すことによって、運転を継続してもよい。また、1個のレーザモジュール内に2個以上のLDパッケージが故障し、予備LDパッケージを一部稼動すればよい場合には、全ての予備LDパッケージを稼動する必要はなく、必要数だけの予備LDパッケージを動かすだけで動作を継続してもよい。

[0050] このように構成されたビーム結合装置においては、予備として、別のレーザモジュールを1台設ける必要はなく、ビーム結合装置全体の冗長性を向上することが可能であり、1台レーザモジュールが停止した場合にも所望の出力を維持しての運転が可能である。また、予備LDパッケージ1個を各レーザモジュールが備えるコストは、1個のレーザモジュール内に備えるLDパッケージ数を、レーザモジュール出射後のビーム結合本数が上回る場合、コストを安くすることができる。

[0051] ビーム結合本数を増やすためには、空間結合(位置結合)または、波長結合の本数を増やすしかない。空間結合(位置結合)のビーム本数を増やすと装置全体のビームの集光性を悪化させる。波長結合の本数を増やそうとすると、波長を増やす必要があり、コスト増加とメンテナンスの困難化につながる。以上のことから、レーザモジュール出射後のビーム結合本数は限られており、出力向上にはモジュール内のビーム結合素子である回折格子や分散光学素子を用いて波長結合数を増やす方が有利であり、分散光学素子を使用した波長結合装置の場合、この発明の効果はより大きく発揮される。

[0052] この発明と別の冗長性確保の方法である予備のレーザモジュールを設けた場合に比べ、より少ない部品点数で装置を構成することができ、故障の発生確率を小さいものとすることができる。また、装置を小型化できる。

[0053] また、様々な故障に対して、対応の可能性が広がる。例えば、予備レーザモジュールを1台設けた場合には、予備レーザモジュールが故障して正常動

作が行えなくなることも考えられるが、この実施の形態のように、1つのレーザモジュールの出力低下を別のレーザモジュールで補うような構成としておけば、1個のレーザモジュールが壊れた場合でもカバーすることができる。また、その冗長性を確保するために必要とされるLDパッケージの個数も少ないものとすることができる。

[0054] さらに図7に代表して破線で示すように(以降の実施の形態でも同様)、ビーム結合装置内の全てのレーザモジュールのそれぞれのモニタ部102からのモニタ結果を集中して入力して、各レーザモジュールさらにはレーザモジュール内の各LDパッケージの不良(故障)を検出するための状態をモニタするレーザモニタ部102aと、レーザモニタ部102aからのレーザモジュールおよびLDパッケージの状態のモニタ結果から故障レーザモジュール、故障LDパッケージを判定し、例えば該当するレーザモジュールの制御部100cに、判定結果に従って配線切替ボックス10上に設けられた電動スイッチ(図示省略)の開閉制御を行う開閉制御信号を出力させる制御信号を送るレーザ制御部100ccを設けてもよい。

[0055] またこの場合、レーザ制御部100ccが、後述するように、故障LDパッケージの出力を補うために、正常なLDパッケージの出力をアップさせる制御を該当するレーザモジュールの制御部100cに行わせる制御を行い、制御部100cが担当するLDパッケージのLDの電流を増加させる制御を行うようにしてもよい。

[0056] また、各レーザモジュールの制御部100cを介さずに、レーザ制御部100ccで全てのレーザモジュール、LDパッケージの制御(配線切替ボックス10での配線切替制御、出力調整等を含む)を直接行うようにしてもよい。

また、各レーザモジュールは、実施の形態3の構成に限らず、その他の実施の形態で説明する予備LDパッケージを備えた構成のものであってもよい。

[0057] 実施の形態5.

図12はこの発明の実施の形態5によるビーム結合装置の概略構成図であ

る。図12のビーム結合装置では実施の形態4のもの同様に、複数のレーザモジュール内に分散性を持った波長結合外部共振器を備え、それらが、空間(位置)、偏光、波長による結合を行って1つのビームに結合されたレーザビームを発生する。ビーム結合装置によっては、レーザモジュール全体の不良が殆どなく、不良が発生するのは、LDパッケージ単体の場合が殆どであり、レーザモジュールの動作停止に備える必要がない場合がある。図12においてはレーザモジュール12f, 12gには予備のLDパッケージが備え付けられていない。

[0058] 予備のLDパッケージを備えていないレーザモジュールを図示したものが図13である。また、図13に示したLDパッケージのうち、1個が故障したときの配線変更を示したものが図14である。図13において、レーザモジュール内には予備LDパッケージが備えられていない。一方、配線については、どのLDパッケージが不良を起こしても、そのLDパッケージを短絡できるように、筐体7b外で配線の切替が行えるように、配線切替ボックス10が設けられている点は、図5, 6と同じである。故障時においては、図14のように、故障したLDパッケージ1fの正負両端子間が配線で短絡され、動作を停止する。LDパッケージ1fが動作を停止したことにより、レーザモジュール全体の出力が低下する。

なお上記配線はLDパッケージ1fが給電回路から切り離されたに等しい。またこの場合、LDパッケージ1fを給電回路から切り離されるように配線されてもよい。

[0059] LDパッケージが動作を停止した場合、図12に示すように、同じレーザモジュール内だけでなく、他のレーザモジュール内部に配置された予備レーザモジュールも動作するため、必ずしも全てのレーザモジュールに対して予備LDパッケージを設ける必要はなく、メンテナンスを行うまで、動作を継続することが可能である。また、予備LDパッケージは必ずしも1モジュール当たり1個と限る必要はなく、必要に応じて、増やしてもよい。予備LDパッケージ数が1個のレーザモジュール分となっても光学素子や筐体等を省

くことができる。このような構成にあつては、部品点数が少ないため、装置を小型化することが可能である。また、故障の発生確率を小さいものとすることができる。

[0060] 実施の形態 6.

また、LDパッケージのLDの動作電流値が例えば、60Aが限界の装置で、60A以下の電流域で出力が電流に依存して増えるような特性である場合、常時、40Aや50Aで動作させておき、LDパッケージ故障時に、故障したLDパッケージのみ、配線切替によって給電回路から切り離し、電流値を例えば55A等までアップして、必要出力を確保し、メンテナンスが行えるまで、動作を続けるという運用方法としてもよい。

[0061] この場合、電流アップによって、LDパッケージ数個の故障をカバーできるだけ、総LDパッケージ個数が十分多く、また、レーザモジュール1個が突然、停止するという可能性が極めて低ければ、予備のLDパッケージを全く搭載しなくてもよい。また、予備のLDパッケージの個数を大幅に減らした構成としてもよい。すなわち、故障確率(頻度)と、起こりうる故障の深刻度に応じて、予備LDパッケージの個数を低減できる。このような方法で冗長性を確保すれば、必要なLDパッケージの個数を少なくすることができ、故障の発生確率を小さいものとすることができる。また、装置を小型化することが可能である。

[0062] 実施の形態 7.

図15はこの発明の実施の形態7によるビーム結合装置の概略構成図である。図15に示すように、故障の発生する可能性のあるLDパッケージ1*i*、1*j*、1*k*と、LDパッケージ周辺のシリンドリカルレンズ11*c*等の光学部品の配置された筐体18と、回析格子5*b*、部分透過ミラー6*c*等のその他の光学素子を含む筐体7*c*を別々にしてもよい。この場合、LDパッケージを1個ずつ配置しながら調整して、最終的に全てのLDパッケージが、正常動作するように配置するのではなく、別のところで、筐体18だけで調整を行っておき、現場では、当接面やピン等の位置精度を出す位置決め部材

19を設け、筐体7cと筐体18が予め定められた精度以上の位置精度で配置されるようにしてもよい。また、筐体18と筐体7cは、ウィンドウWを設けて、現場で取り外しても、内部にコンタミネーションや湿気の影響が及ばないように構成してもよい。また、通常の動作にウィンドウが影響しないよう、取り外すときのみ覆いが施されるようにしてもよい。また、筐体18の調整には別の基準となる筐体7cを用意して、別の場所で調整できるようにしてもよい。図15においてもモニタ部102、制御部100cが備えられているが、これらの装置は図15のように、筐体7c側に設けてもよいし、筐体18側に設けても、両側に分けて設けてもよい。

[0063] このようにLDパッケージと光学部品の筐体を分離することにより、簡易にLDパッケージの交換を行うことができる。また、図15において、筐体18と筐体7cの位置関係を微動調整する調整機構を設けてもよい。また、筐体7cを構成する部品の回折格子5b、部分反射ミラー6c等の一部もしくは全部に調整機構を設けて制御部100cから調整制御するようにしてもよい。その調整機構は筐体を開けることなく微動可能な機構とすることがコンタミネーション、湿気を避ける上で望ましい。

[0064] また、図15においては全てのLDパッケージが1つの筐体18に格納されているが、破線で示すように、1部を別の筐体に入れて、一部のLDパッケージ筐体のみ交換するようにしてもよい。また、交換部品として別の筐体18を用意しておき、故障時、筐体18のみを交換してもよい。

[0065] このような構成にあっては、交換時に、LDパッケージがコンタミネーションや湿気の影響を受ける可能性を低くすることができるため、LDパッケージの寿命を長くすることができる。

なお、LDパッケージ1i, 1j, 1kの中に予備LDパッケージが含まれていてもよい。

[0066] 実施の形態8.

図17はこの発明の実施の形態8によるビーム結合装置の概略構成図である。この実施の形態では実施の形態1に関連して、故障LDパッケージ(光源

)と予備LDパッケージ(予備光源)との切替え構成を示す。LDパッケージ1eは予備光源、LDパッケージ1a, 1b, 1cは複数の光源である。図1において、LDパッケージ1a, 1b, 1cおよび、折り曲げミラー2A-2F、シリンドリカルレンズ4、ビーム結合素子である分散光学素子5c、出力光学素子である出力結合素子6dは外部共振器を構成する。

[0067] LDパッケージ1a, 1b, 1cから出た光は、出力結合素子6dと分散光学素子5cの間で1本のビームに結合し、出力結合素子6dから取り出される。また、出力結合素子6dに入射したビームの一部は、分散光学素子5cを介してLDパッケージ1a, 1b, 1cに戻される。ここで、LDパッケージ1a, 1b, 1cからの光の一部はモニタ部102に入射し、例えば、正常時の出力信号の強度との比較などにより出力が低下した際、検出できるようになっている。このとき制御部100cが、モニタ部102からのLDパッケージ1a, 1b, 1cの故障個所の検出結果に従って、故障個所に応じて光源切替え機構101を動作させて、故障したLDパッケージと分散光学素子5cを結ぶ光路が停止状態となり、予備LDパッケージ1eと分散光学素子5cを結ぶ光路が動作状態となる。

[0068] 例えば、LDパッケージ1aが故障した場合、図18に示すように、折り曲げミラー2A, 2E, 2Fを移動することにより、予備LDパッケージ1eがLDパッケージ1aの動作を代替することができる。

また、LDパッケージ1bが故障した場合、図19に示すように、折り曲げミラー2B, 2Fを移動することにより、LDパッケージ1bの動作を予備LDパッケージ1eが代替することができる。

また、LDパッケージ1cが故障した場合、図20に示すように、折り曲げミラー2Cを移動することにより予備LDパッケージ1eがLDパッケージ1cの動作を代替することができる。

[0069] 予備LDパッケージ1eは、折り曲げミラー2A, 2B, 2Cを取り除いた状態で、折り曲げミラー2D, 2E, 2Fを調整し、折り曲げミラー2D, 2E, 2Fのどのミラーでも波長結合外部共振器が動作できるよう調整し

ておく。各LDパッケージの故障に対し、移動する折り曲げミラーと静止したままの折り曲げミラーを図21にまとめて示した。

[0070] 詳細には図示されていないが、予備LDパッケージ1eと分散光学素子5cの間の距離、LDパッケージ1a, 1b, 1cと分散光学素子5cの間の距離が等しくなるように配置してもよいし、例えば、予備LDパッケージ1eの位置の像が、LDパッケージ1a, 1b, 1cからの光路と重なる位置に転写されるようにレンズ(図17に破線で例示)等を光路中に設けてもよい。また、必要に応じて、例えば図5, 6, 16等を示すように、故障LDパッケージの回路を給電回路から切り離し、予備LDパッケージ1eに給電するよう切り替える回路を設けてもよい。また、折り曲げミラーの光路からの除去方法は、光路が折り曲げミラーの作用を受けないようにすればよく、移動に限られず、回転(図17の折り曲げミラー2Aに破線で示す)、もしくは移動と回転の組み合わせを適用しても同様の効果が得られる。

[0071] なお、折り曲げミラー2A-2Fはそれぞれ駆動モータ(図示省略)により、レール3a, 3b上を移動したり、折り曲げミラーの例えば中心を軸として回転するように構成されている。

また、LDパッケージ1a, 1b, 1cおよび予備LDパッケージ1eを、図17に示す移動基板112上で、駆動モータ(図示省略)によりxy面内に移動可能に設けることで、LDパッケージの位置を入れ替えて、予備LDパッケージにより故障LDパッケージのサポートを行うことが可能となる。

[0072] なお、上記実施の形態1(図1, 2)において、

LDパッケージ1a-1dが光源、

LDパッケージ1eが予備光源、

回折格子5がビーム結合素子、

折り曲げミラー2とシリンドリカルレンズ4と回折格子5と部分透過ミラー6がビーム結合光学系、

モニタ部102がモニタ部、

光源切替え機構101, 111と制御部100cが電源切替え部、

を構成する。

また、折り曲げミラー 2 をレール 3 上に移動させる機構、さらに例えば図 16 に示されるような、各 LD パッケージ 1 a - 1 e への給電回路からの電力供給の調整、オンオフ制御を行う機構の電動スイッチ SW 等が光源切替え機構 101 の可動部を構成する。また、可動部を駆動するための駆動モータ、LD パッケージへの給電回路、およびこれらの電源等が光源切替え機構 101 の駆動部を構成する。

[0073] 上記実施の形態 2 (図 3, 4) において、  
LD パッケージ 1 f、1 g、1 h が光源、  
LD パッケージ 1 i が予備光源、  
回折格子 5 a がビーム結合素子、  
シリンダリカルレンズ 11 と可動ミラー 2 a, 2 b と回折格子 5 a と部分透過ミラー 6 a がビーム結合光学系、  
モニタ部 102 がモニタ部、  
光源切替え機構 101 と制御部 100 c が電源切替え部、  
を構成する。

また、LD パッケージ 1 i、シリンダリカルレンズ 11 b、可動ミラー 2 a, 2 b を移動可能に支持するは可動支持部、さらに例えば図 16 に示されるような、LD パッケージへの給電回路からの電力供給の調整、オンオフ制御を行う機構の電動スイッチ SW 等が光源切替え機構 101 の可動部を構成する。また、これらの可動部を動かす駆動モータ、LD パッケージへの給電回路、およびこれらの電源等が光源切替え機構 101 の駆動部を構成する。

[0074] 上記実施の形態 3 (図 5, 6) において、  
LD パッケージ 1 f、1 g、1 h が光源、  
LD パッケージ 1 j が予備光源、  
回折格子 5 a がビーム結合素子、  
シリンダリカルレンズ 11 c と回折格子 5 a と部分透過ミラー 6 b がビーム結合光学系、

モニタ部 102 がモニタ部、  
配線切替ボックス 10 が配線切替ボックス、  
筐体 7 b が筐体、  
制御部 100 c (光源切替え機構 101) が電源切替え部、  
を構成する。

また光源を自動で制御した場合、図 16 に示されるような、LD パッケージへの給電回路からの電力供給の調整、オンオフ制御を行う機構の電動スイッチ SW 等が光源切替え機構 101 の可動部を構成する。また、LD パッケージへの給電回路およびその電源等が光源切替え機構 101 の駆動部を構成する。

[0075] 上記実施の形態 4-6 (図 7, 14) において、  
レーザモジュール 12 a-12 h がレーザモジュール、  
空間結合(位置結合)部と偏光結合部と波長結合部とファイバ結合部がモジュールビーム結合光学系 500、  
レーザモニタ部 102 a がレーザモニタ部、  
レーザ制御部 100 c c がレーザ制御部、  
を構成する。

なお、各レーザモジュール内の構成は他の実施の形態の構成に従う。

[0076] 上記実施の形態 7 (図 15) において、  
LD パッケージ 1 i, 1 j, 1 k が光源および予備光源、  
回折格子 5 b がビーム結合素子、  
シリンドリカルレンズ 11 c と回折格子 5 b と部分透過ミラー 6 c がビーム結合光学系、  
筐体 7 c が主筐体、  
筐体 18 (分割された各筐体も含む) が副筐体、  
位置決め部材 19 が位置決め部、  
を構成する。

[0077] 上記実施の形態 8 (図 17-21) において、

LDパッケージ1 a - 1 cが光源、  
LDパッケージ1 eが予備光源、  
折り曲げミラー2 A - 2 Eが光学素子、  
分散光学素子5 cがビーム結合素子、  
出力結合素子6 dが出力光学素子、  
折り曲げミラー2 A - 2 Eとシリンドリカルレンズ4と分散光学素子5 cと  
出力結合素子6 dがビーム結合光学系、  
モニタ部1 0 2がモニタ部、  
光源切替え機構1 0 1と制御部1 0 0 cが電源切替え部、  
を構成する。

また、折り曲げミラー2 A - 2 Eをレール3 a, 3 b上に移動させる機構、LDパッケージ1 a - 1 cを移動基板1 1 2上に移動させる機構、さらに例えば図1 6に示されるような、各LDパッケージ1 a - 1 c, 1 eへの給電回路からの電力供給の調整、オンオフ制御を行う機構の電動スイッチSW等が光源切替え機構1 0 1の可動部を構成する。また、可動部を駆動するための各駆動モータ、LDパッケージへの給電回路、およびこれらの電源等が光源切替え機構1 0 1の駆動部を構成する。

[0078] また、この発明は上述の各実施の形態に限定されるものではなく、これらの可能な組み合わせを全て含む。また、各実施の形態のビーム結合装置の光源切替えは手動で行っても、または制御部等により自動で行ってもよい。

### 産業上の利用の可能性

[0079] この発明によるビーム結合装置の構成は種々の分野のビーム光源に適用可能である。

### 符号の説明

[0080] 1 a - 1 j LDパッケージ、2, 2 A - 2 F 折り曲げミラー、  
2 a, 2 b 可動ミラー、3, 3 a, 3 b レール、  
4, 1 1, 1 1 b, 1 1 c シリンドリカルレンズ、5, 5 a, 5 b 回析格子、

5 c 分散光学素子、6, 6 a, 6 b, 6 c 部分透過ミラー、6 d 出力結合素子、  
7, 7 a, 7 b, 7 c, 18 筐体、10 配線切替ボックス、  
12 a - 12 h レーザモジュール、13 第1のシリンドリカルレンズ、  
14 第2のシリンドリカルレンズ、15 偏光回転素子、16 偏光素子  
、  
17 波長結合ミラー、19 位置決め部材、100 ビーム結合装置、  
100 c 制御部、100 c c レーザ制御部、101, 111 光源切替  
え機構、102 モニタ部、102 a レーザモニタ部、可動部 1011  
、駆動部 1012、  
SW 電動スイッチ、W ウィンドウ。

## 請求の範囲

[請求項1]

複数の光源と、

1 つまたは複数の予備光源と、

前記各光源および予備光源からのビームをビーム結合素子に結合させて出力するビーム結合光学系であって、前記各光源および予備光源から前記ビーム結合光学系に入射したビームが前記ビーム結合素子通過後に結合するものと、

故障を検出するために前記各光源からのビームをモニタするモニタ部と、

前記光源の故障が検出された時に、前記各光源および予備光源および前記ビーム結合光学系の少なくとも1部に設けられた可動部により、前記各光源および予備光源および前記ビーム結合光学系のうちの少なくとも一部を移動させて、故障した前記光源のビームの代わりに、前記予備光源から前記ビーム結合光学系にビームを入射させて、前記ビーム結合素子後の光路で前記複数の光源からのビームと結合させる光源切替え部と、

を備えたビーム結合装置。

[請求項2]

前記ビーム結合光学系の前記1つまたは複数の予備光源の光路上に前記可動部を設けた請求項1に記載のビーム結合装置。

[請求項3]

前記ビーム結合光学系が、前記各光源および予備光源の光路上でビーム方向を変更する光学素子を含み、

前記予備光源の光学素子が、前記各光源の前記光学素子のビーム方向変更後の光路の後方延長上に光路が重なるように設けられ、

前記可動部として、前記光学素子が移動可能であり、

前記光源切替え部において、故障した前記光源の前記光学素子が光路上から外されると共に、前記予備光源から前記光学素子を介して前記ビーム結合光学系にビームを入射させる、

請求項1に記載のビーム結合装置。

[請求項4] 前記複数の光源が前記ビーム結合素子を中心として同心円状に配置され、

前記可動部として、前記予備光源を、前記複数の光源の同心円より半径が小さくかつ同心円を含む面に対して直交する方向にオフセットされた同心円状の軌道を移動させる機構を有する、

請求項1または2に記載のビーム結合装置。

[請求項5] 複数の光源と、

1つまたは複数の予備光源と、

前記各光源および予備光源からのビームをビーム結合素子に結合させて出力するビーム結合光学系であって、前記複数の光源から前記ビーム結合光学系に入射したビームが前記ビーム結合素子通過後に結合するものと、

故障を検出するために前記各光源からのビームをモニタするモニタ部と、

前記光源の故障が検出された時に、故障した前記光源を電氣的に短絡させ、前記予備光源を給電配線に結線する配線切り替えボックスと、

を備え、

前記各光源および予備光源、および前記ビーム結合光学系が1つの筐体内に収納され、前記配線切り替えボックスが前記筐体の外に設けられたビーム結合装置。

[請求項6] それぞれに複数の光源からのビームがビーム結合素子を含むビーム結合光学系により1つに結合される複数のレーザモジュールと、

前記複数のレーザモジュールからのビームを結合させて出力するモジュールビーム結合光学系と、

前記レーザモジュールの出力低下を検出するために前記各レーザモジュールからのビームをモニタするレーザモニタ部と、

前記レーザモジュールの出力低下が検出された時に、出力低下した

前記レーザモジュール以外の1つまたは複数の前記レーザモジュールの出力を上げるレーザ制御部と、

を備えたビーム結合装置。

[請求項7] 前記複数のレーザモジュールのうちの1つまたは複数のレーザモジュールが予備光源を搭載した請求項6に記載のビーム結合装置。

[請求項8] 複数の光源と、

1つまたは複数の予備光源と、

前記各光源および予備光源からのビームをビーム結合素子に結合させて出力するビーム結合光学系であって、前記複数の光源および予備光源から前記ビーム結合光学系に入射したビームが前記ビーム結合素子通過後に結合するものと、

を備え、

前記ビーム結合素子から以降の光路のビーム結合光学系が1つの主筐体に収納され、前記各光源および予備光源が前記主筐体に着脱可能でかつ位置決め部材で位置決めされた1つまたは複数の副筐体に分けられて収納された、ビーム結合装置。

[請求項9] 前記ビーム結合素子が分散光学素子からなる請求項1から8までのいずれか1項に記載のビーム結合装置。

[請求項10] 前記ビーム結合光学系が、前記分散光学素子と出力結合素子を含み、

前記分散光学素子が、前記各光源および予備光源からのビームを受けて前記出力結合素子へと送り、

前記出力結合素子が、前記分散光学素子からの光を受けて、一部を出力し、一部を前記分散光学素子を介して前記各光源および予備光源へ返す、

請求項9に記載のビーム結合装置。

[請求項11] 複数の光源および1つまたは複数の予備光源からのビームを、ビーム結合光学系に入射させ、ビーム結合素子通過後に結合させて出力さ

せるビーム結合装置において、

前記複数の光源の故障を検出するステップと、

前記各光源および予備光源および前記ビーム結合光学系のうちの少なくとも一部を移動させて、故障した前記光源のビームの代わりに、前記予備光源から前記ビーム結合光学系にビームを入射させて、前記ビーム結合素子後の光路で前記複数の光源からのビームと結合させるステップと、

を備えたビーム結合装置の出力回復方法。

[請求項12]

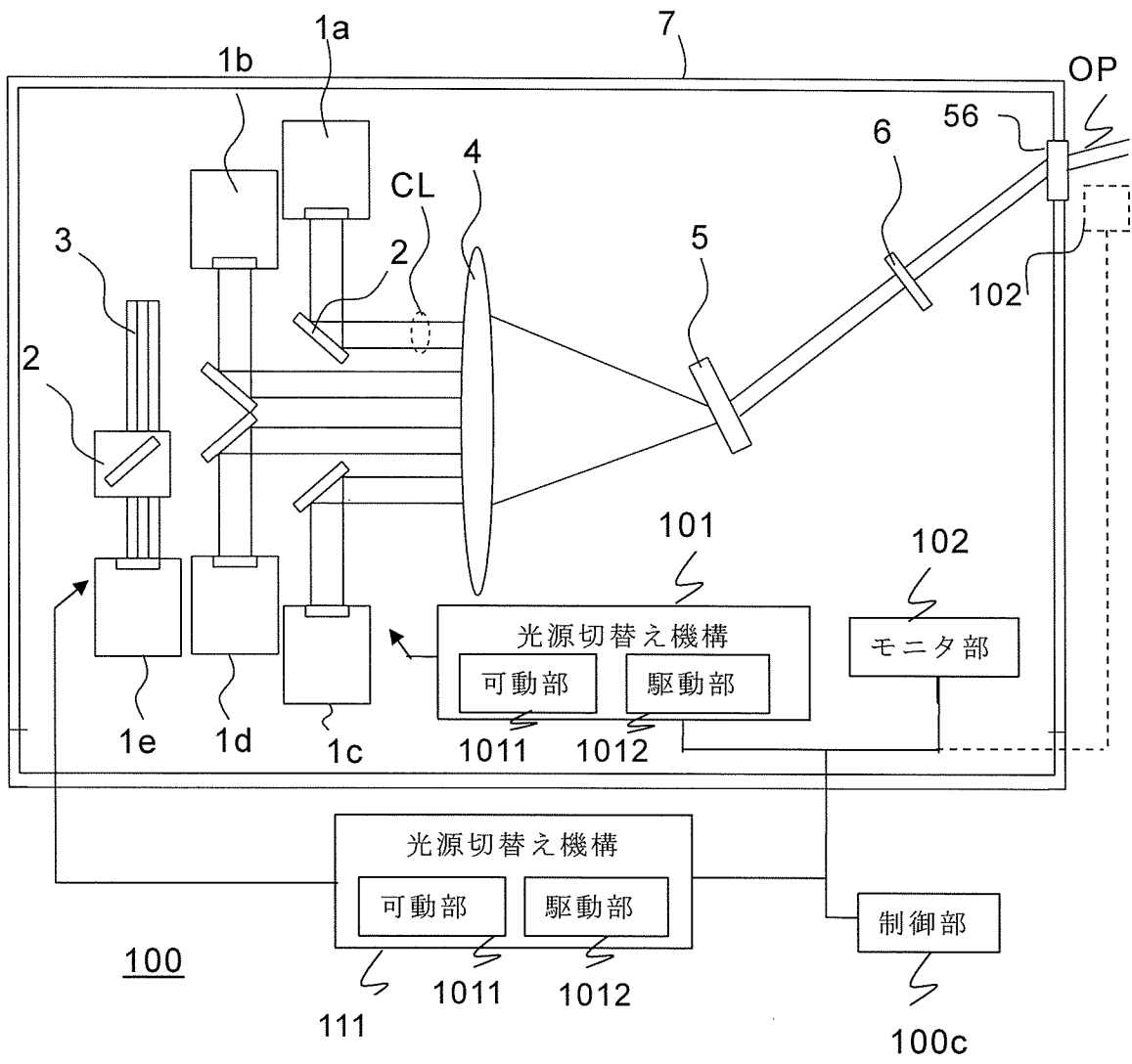
それぞれに複数の光源からのビームがビーム結合素子を含むビーム結合光学系により1つに結合される複数のレーザモジュールからのビームをモジュールビーム結合光学系で結合させて出力するビーム結合装置において、

前記レーザモジュールの出力低下を検出するステップと、

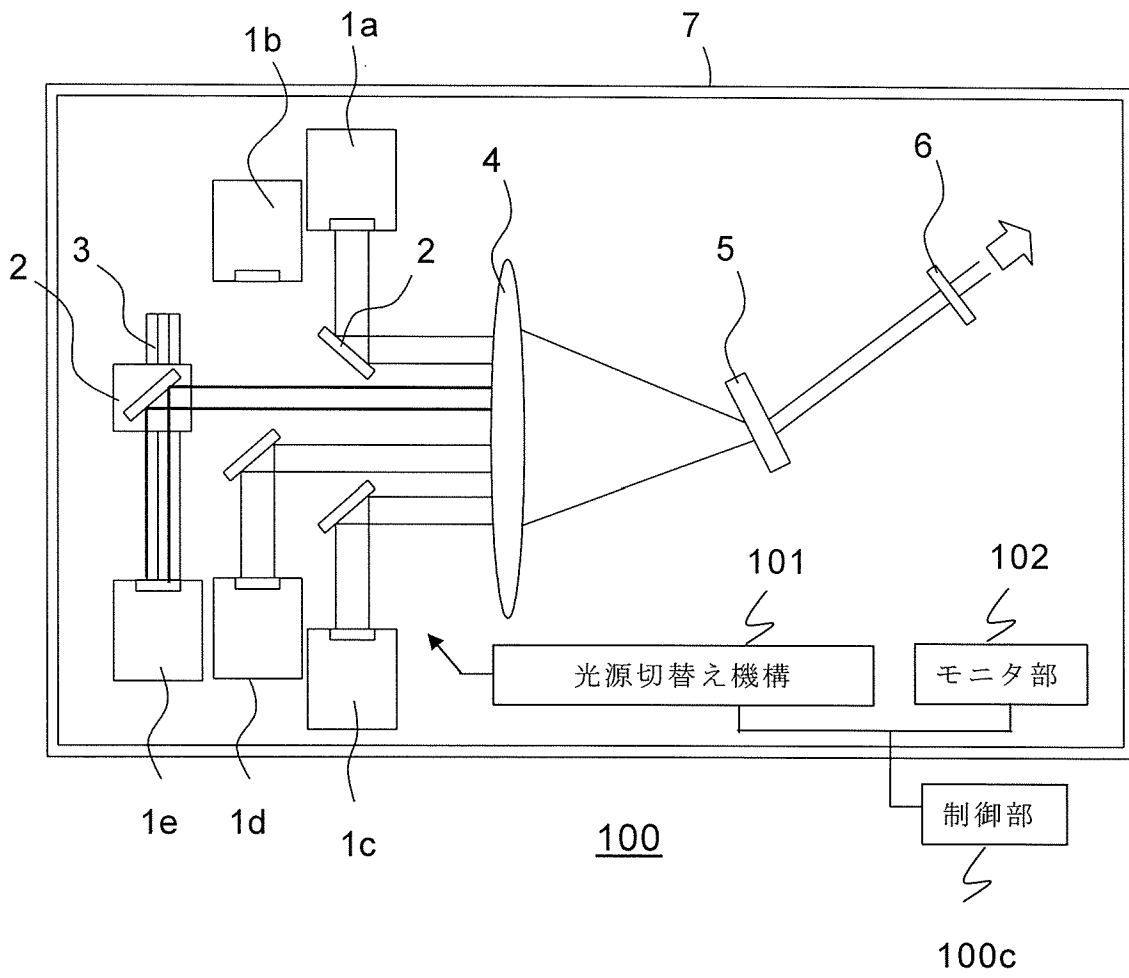
出力低下した前記レーザモジュール以外の1つまたは複数の前記レーザモジュールにおいて電源の出力増加または予備光源への切り替えにより出力を上げるステップと、

を備えたビーム結合装置の出力回復方法。

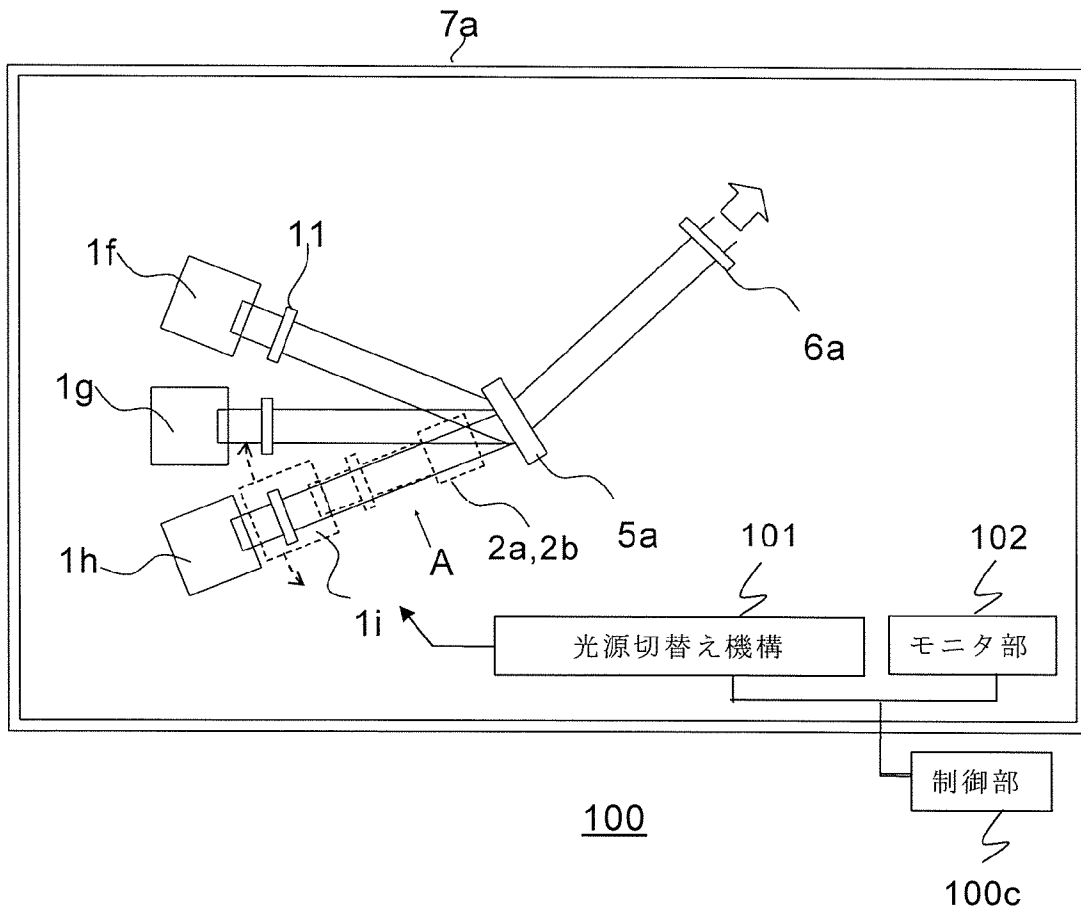
[図1]



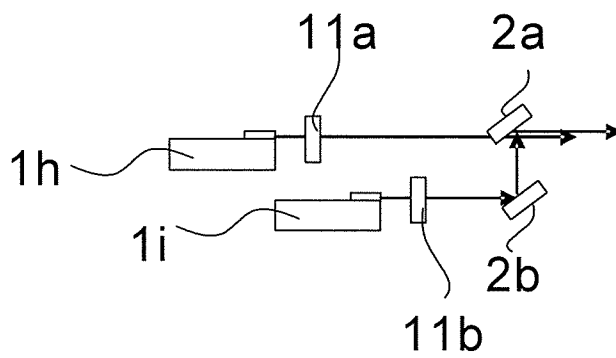
[図2]



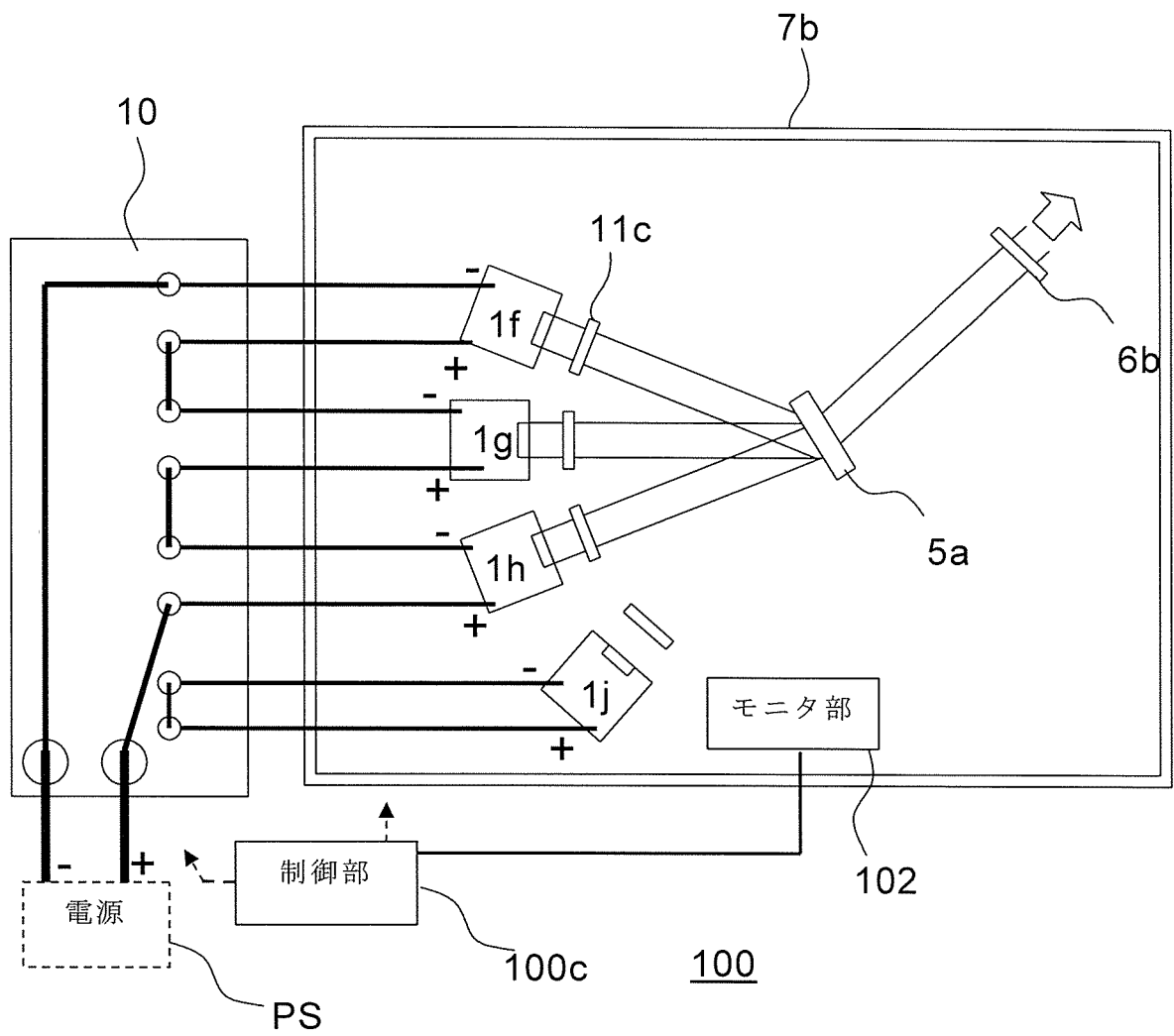
[図3]



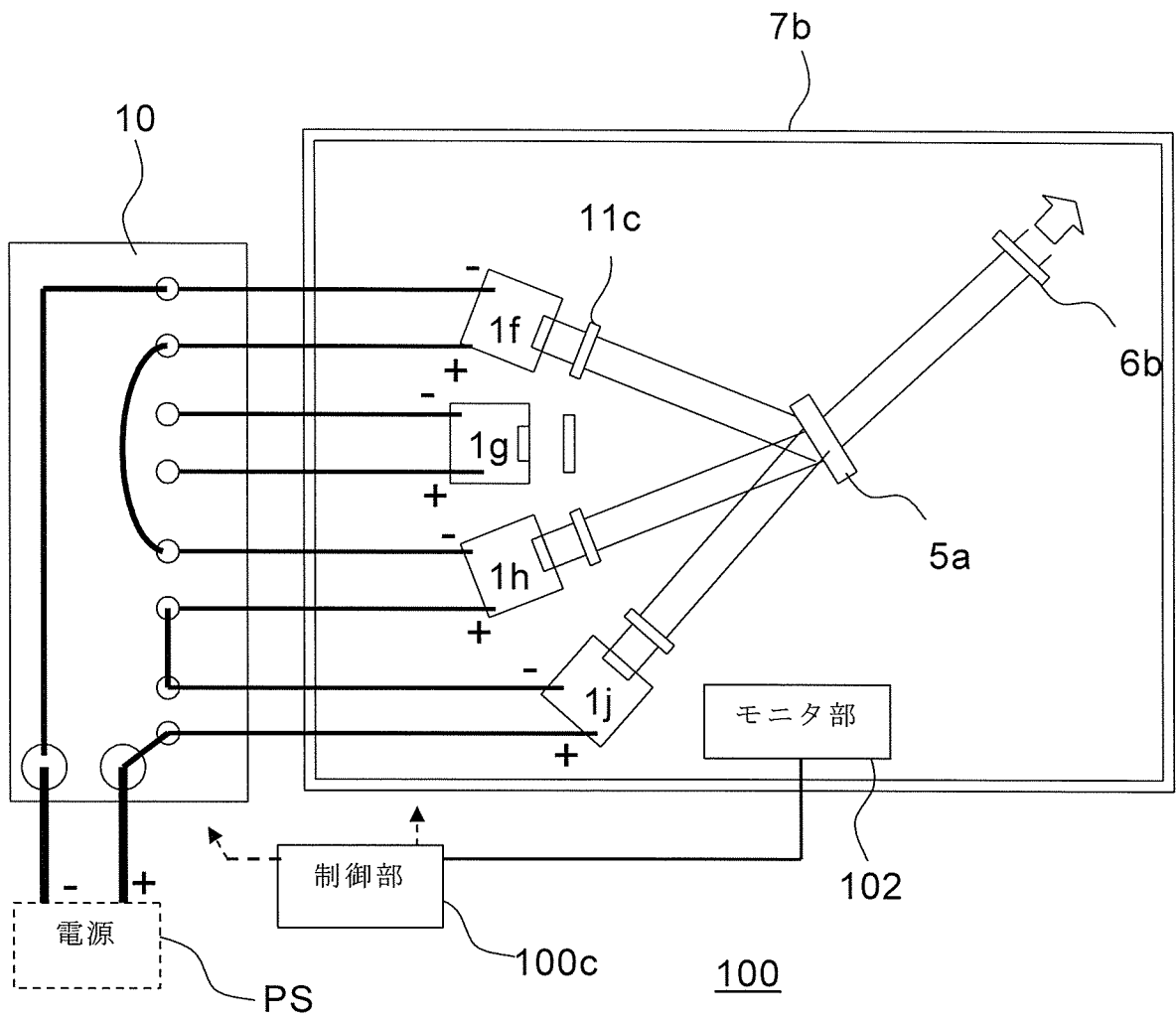
[図4]



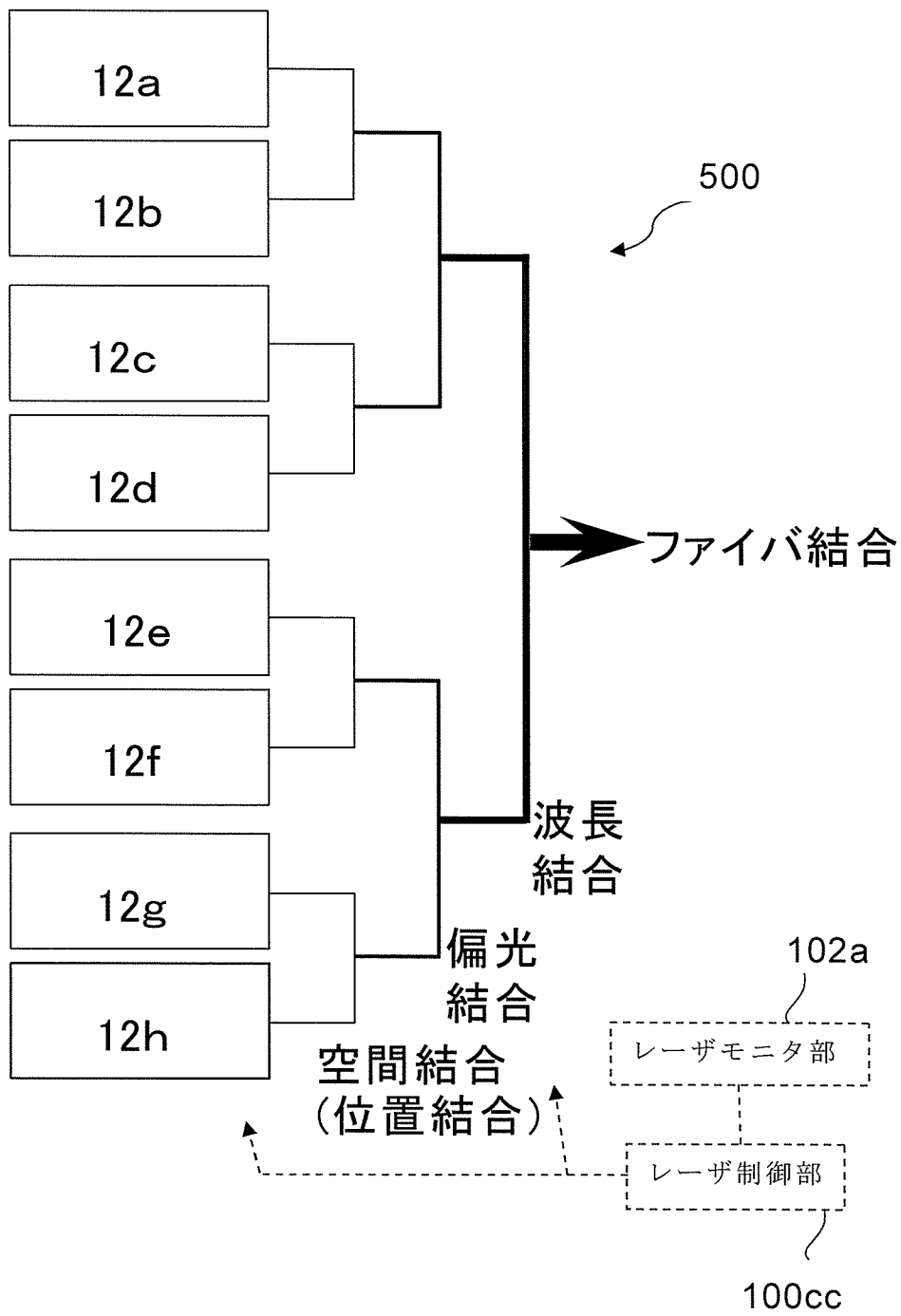
[図5]



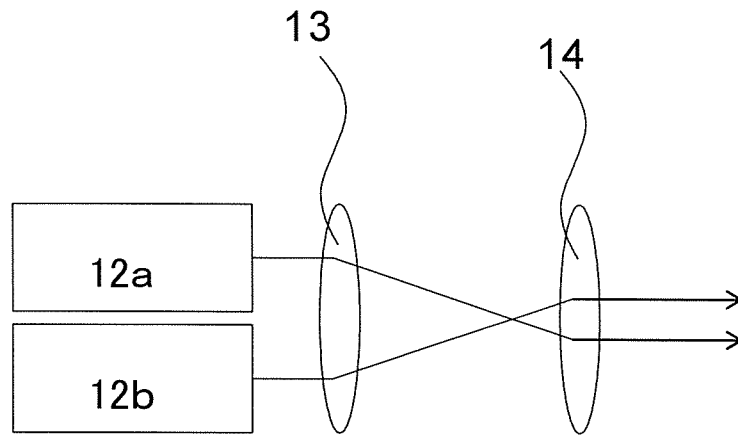
[図6]



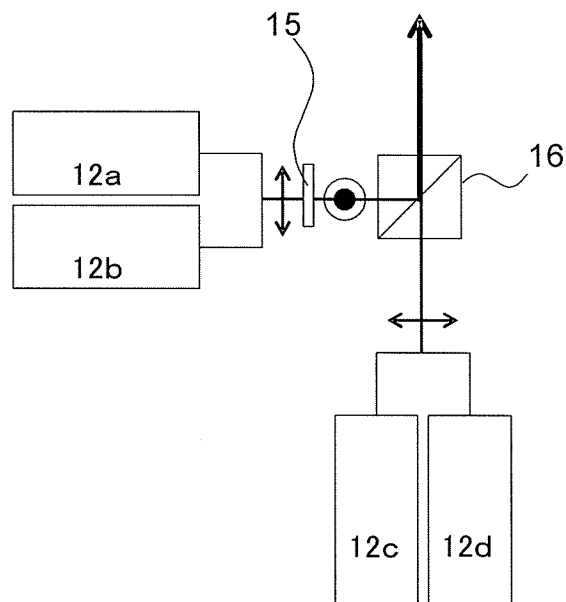
[図7]



[図8]

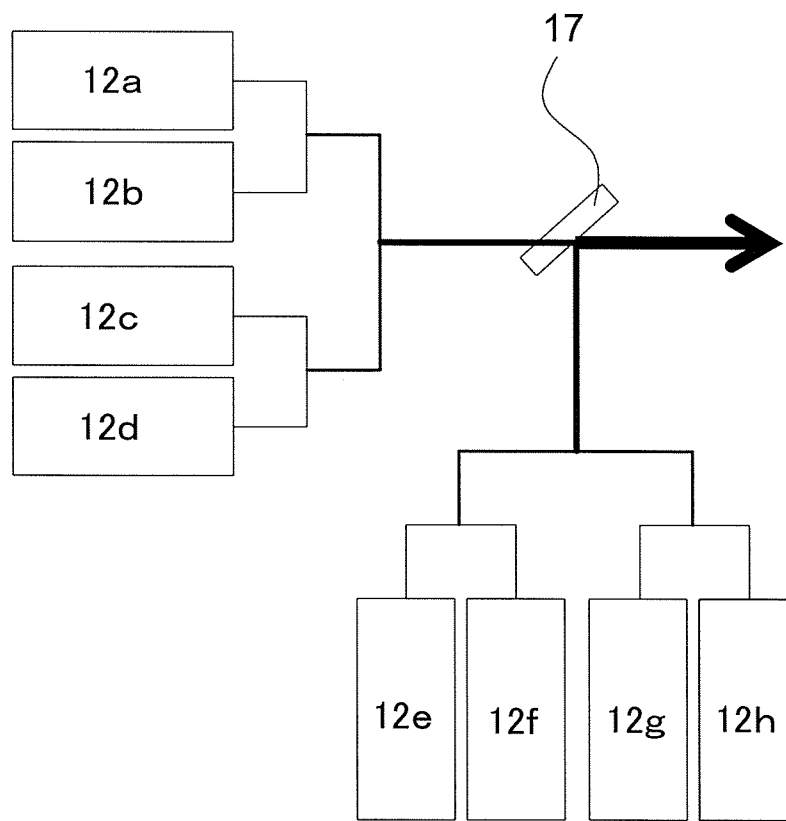
空間結合  
(位置結合)

[図9]



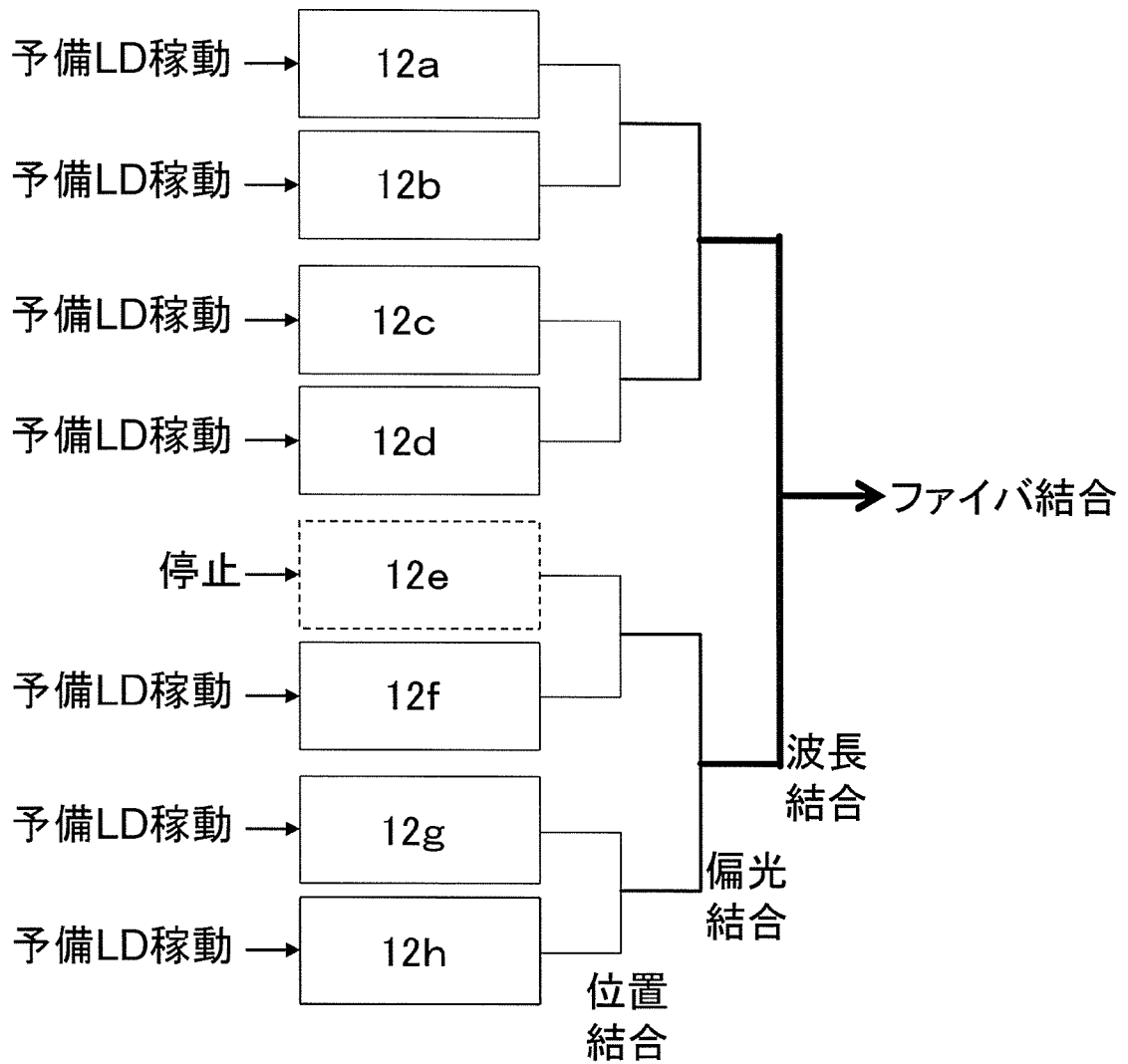
偏光結合

[図10]

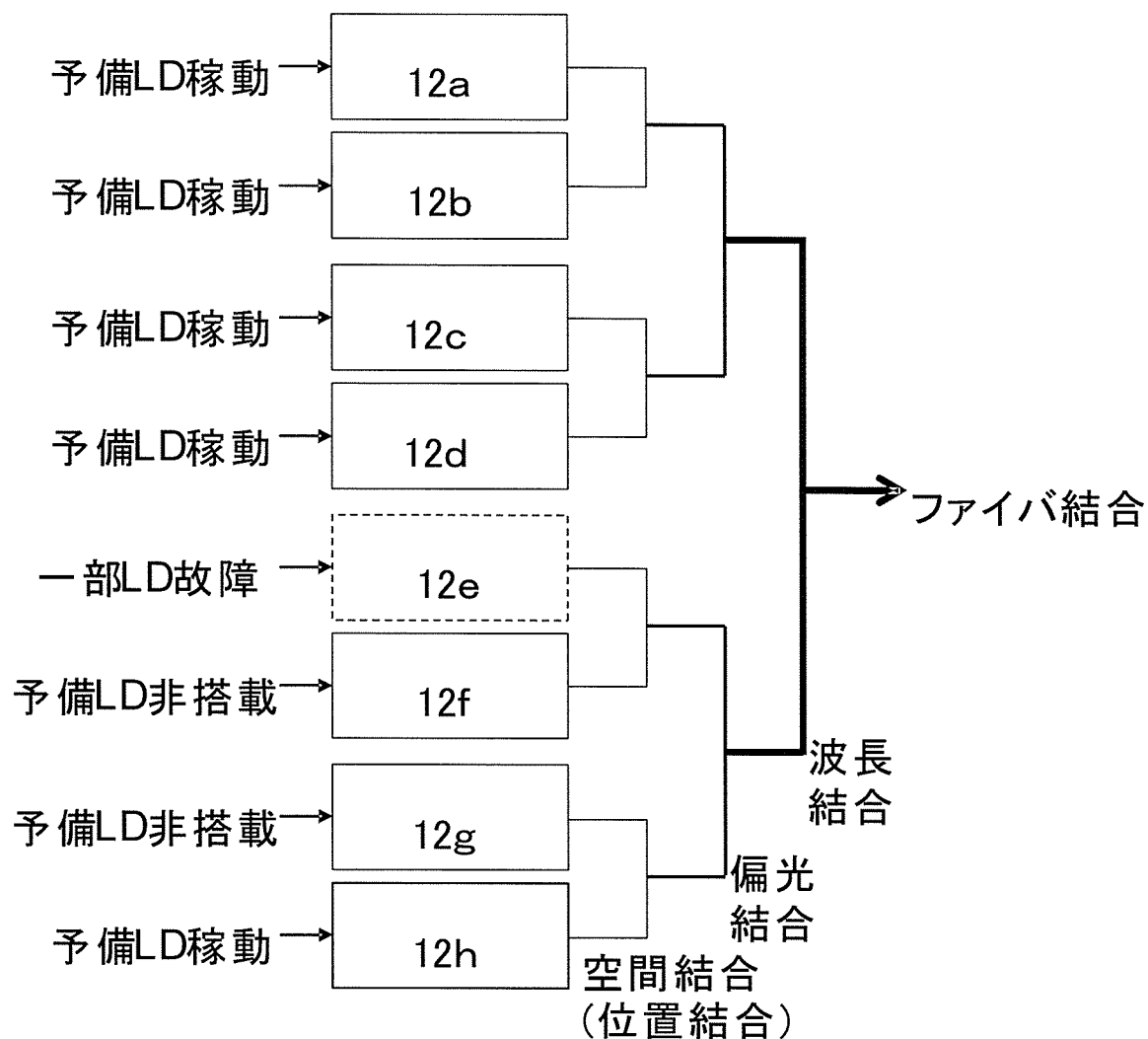


波長結合

[図11]

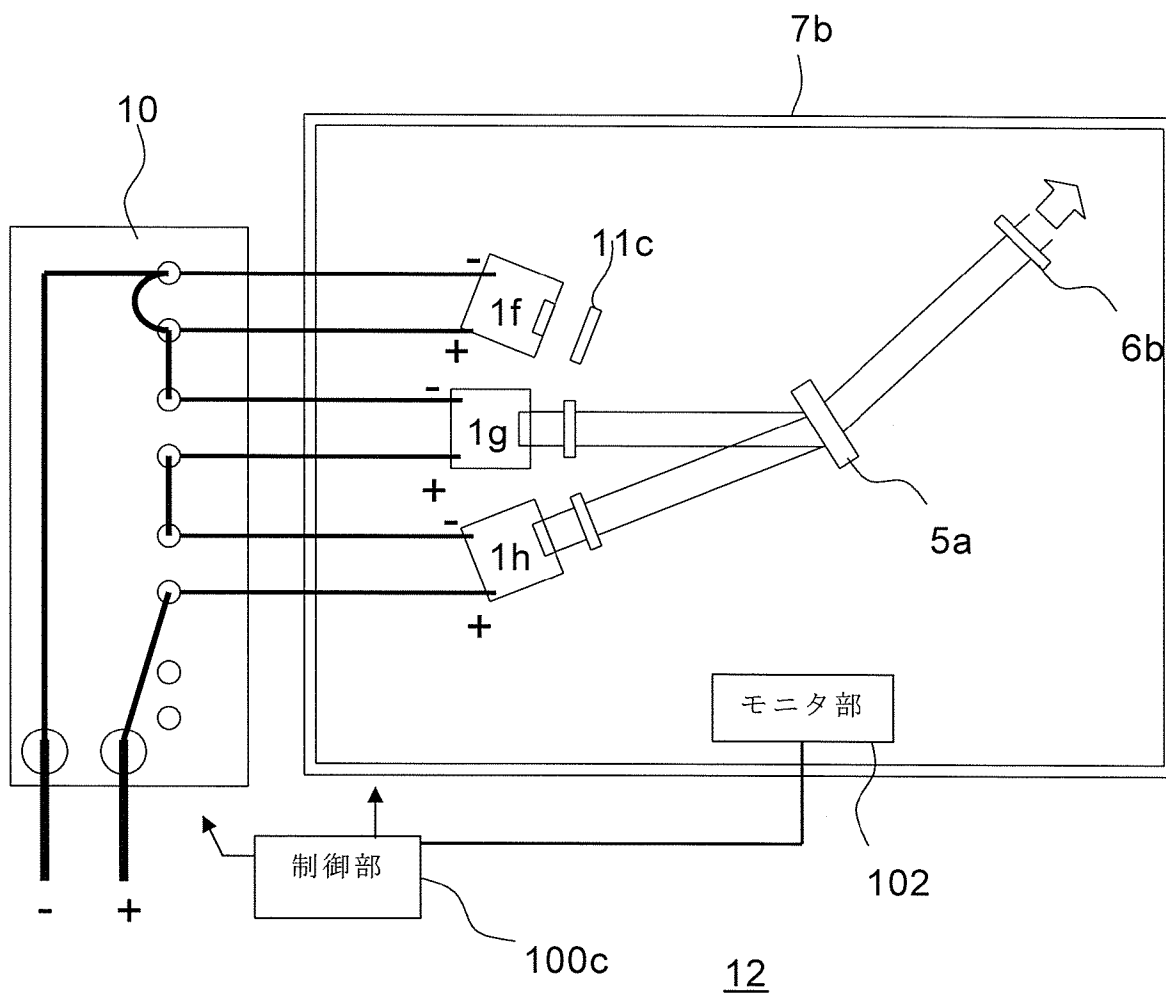


[図12]

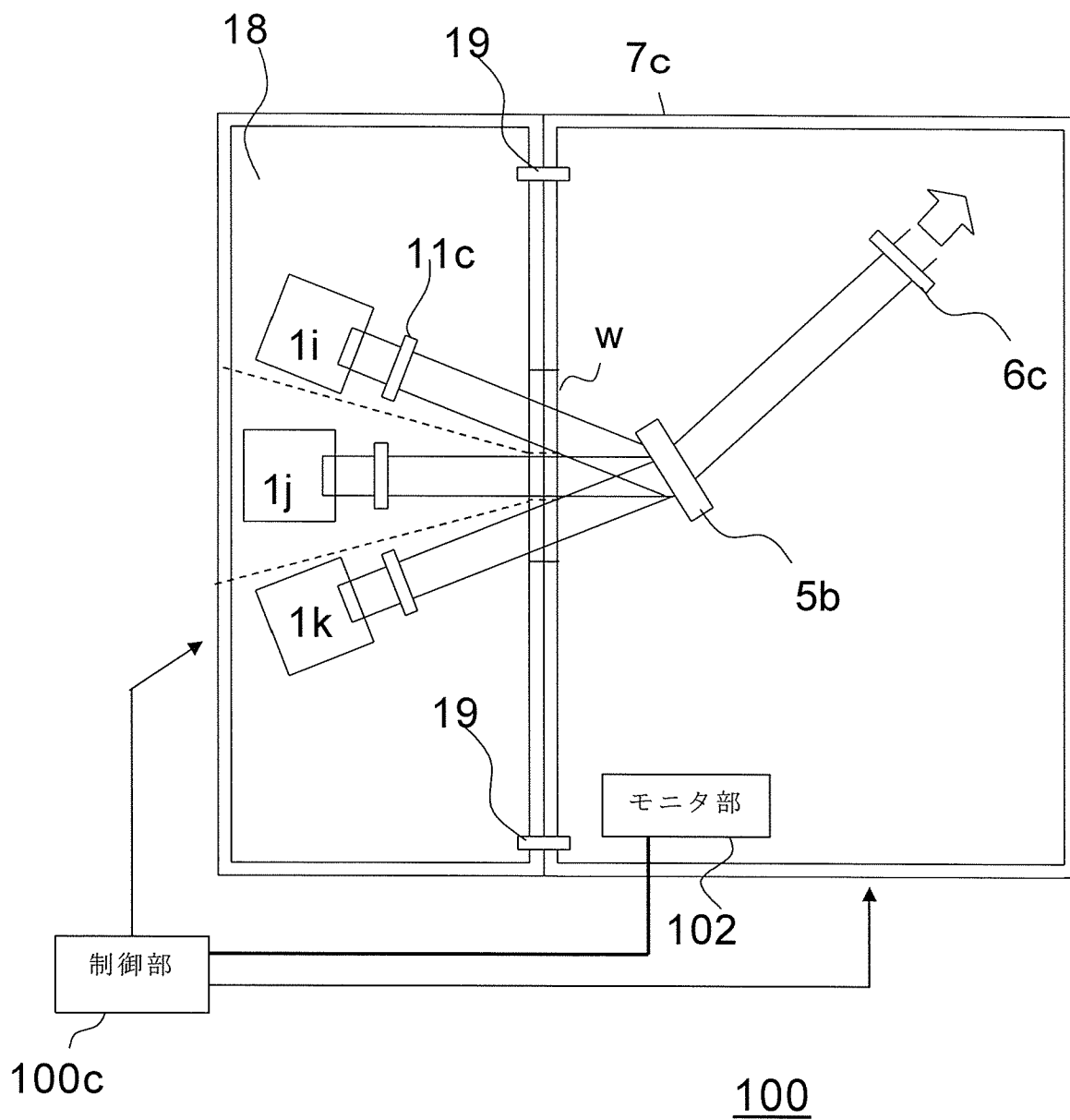




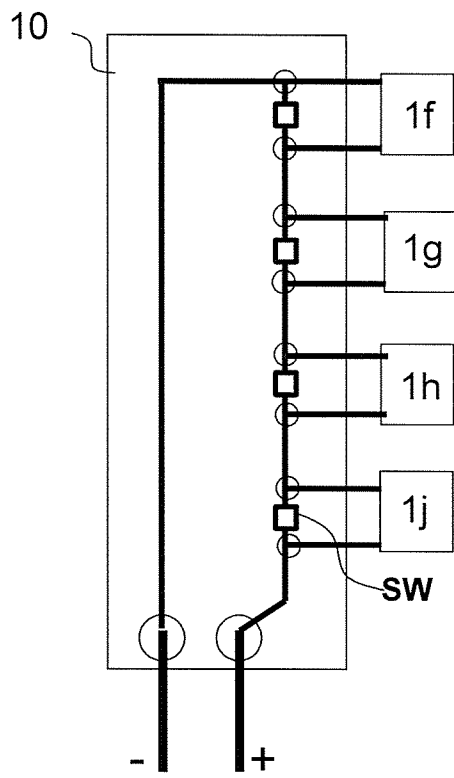
[図14]



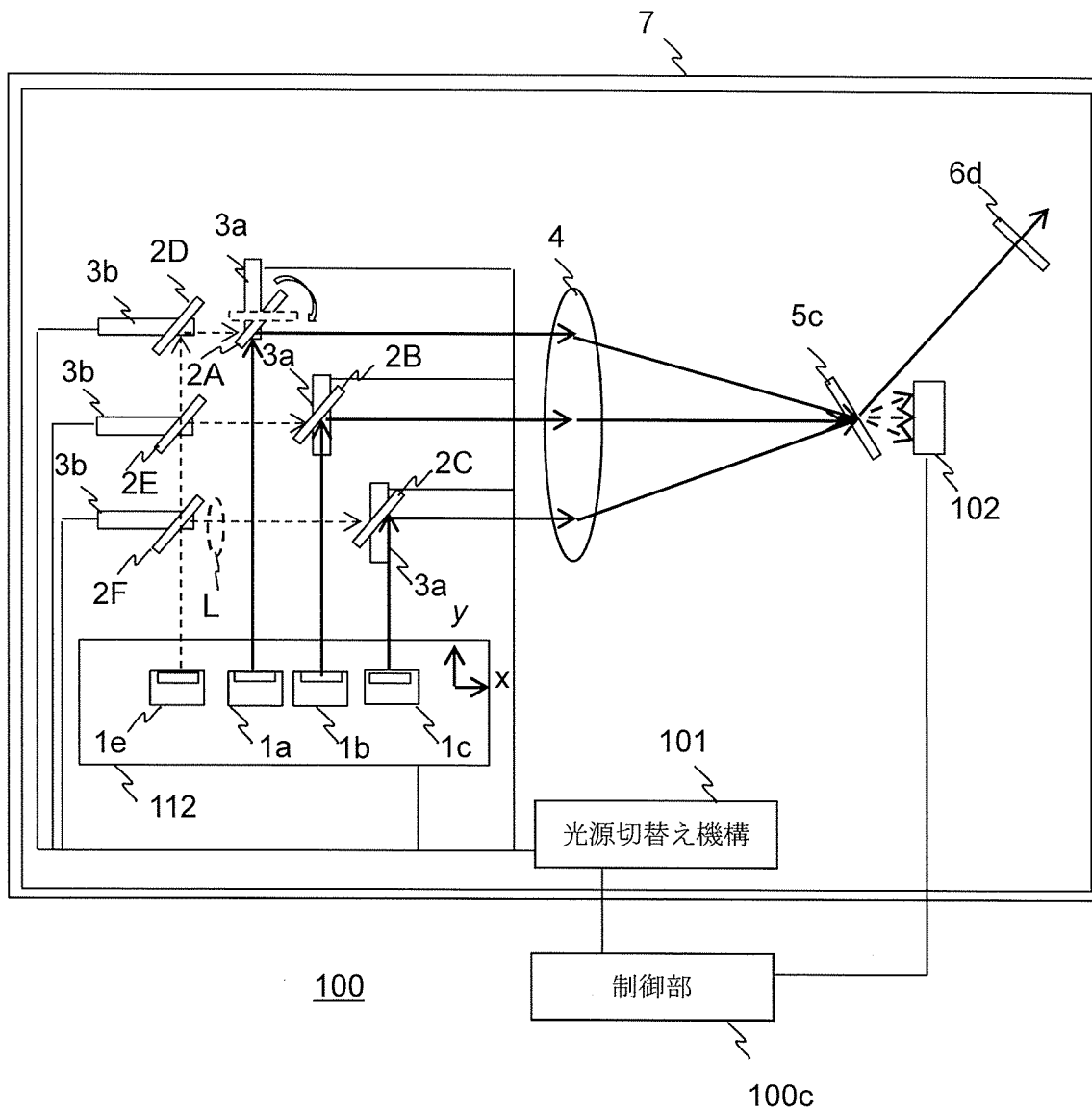
[図15]



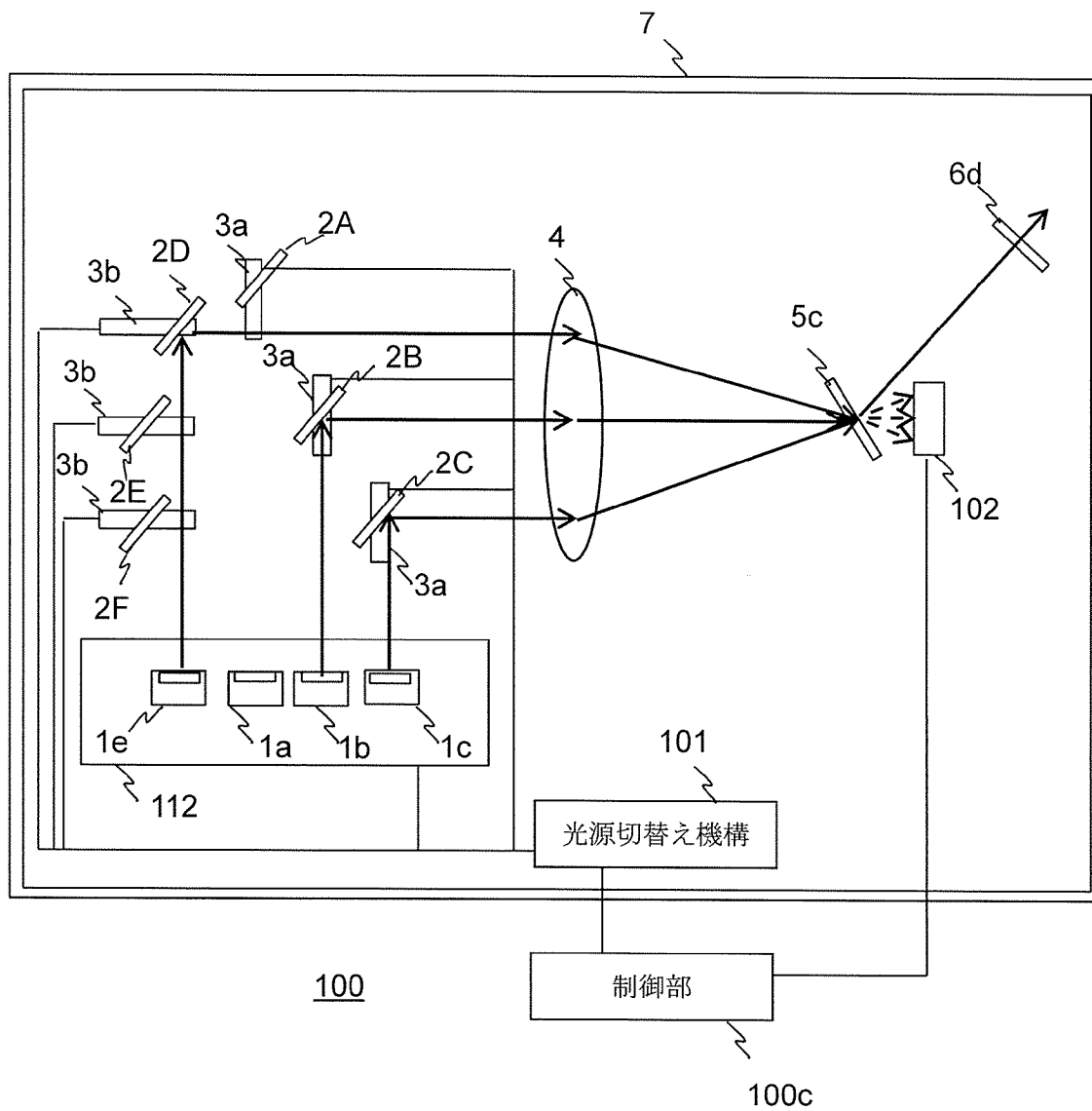
[図16]



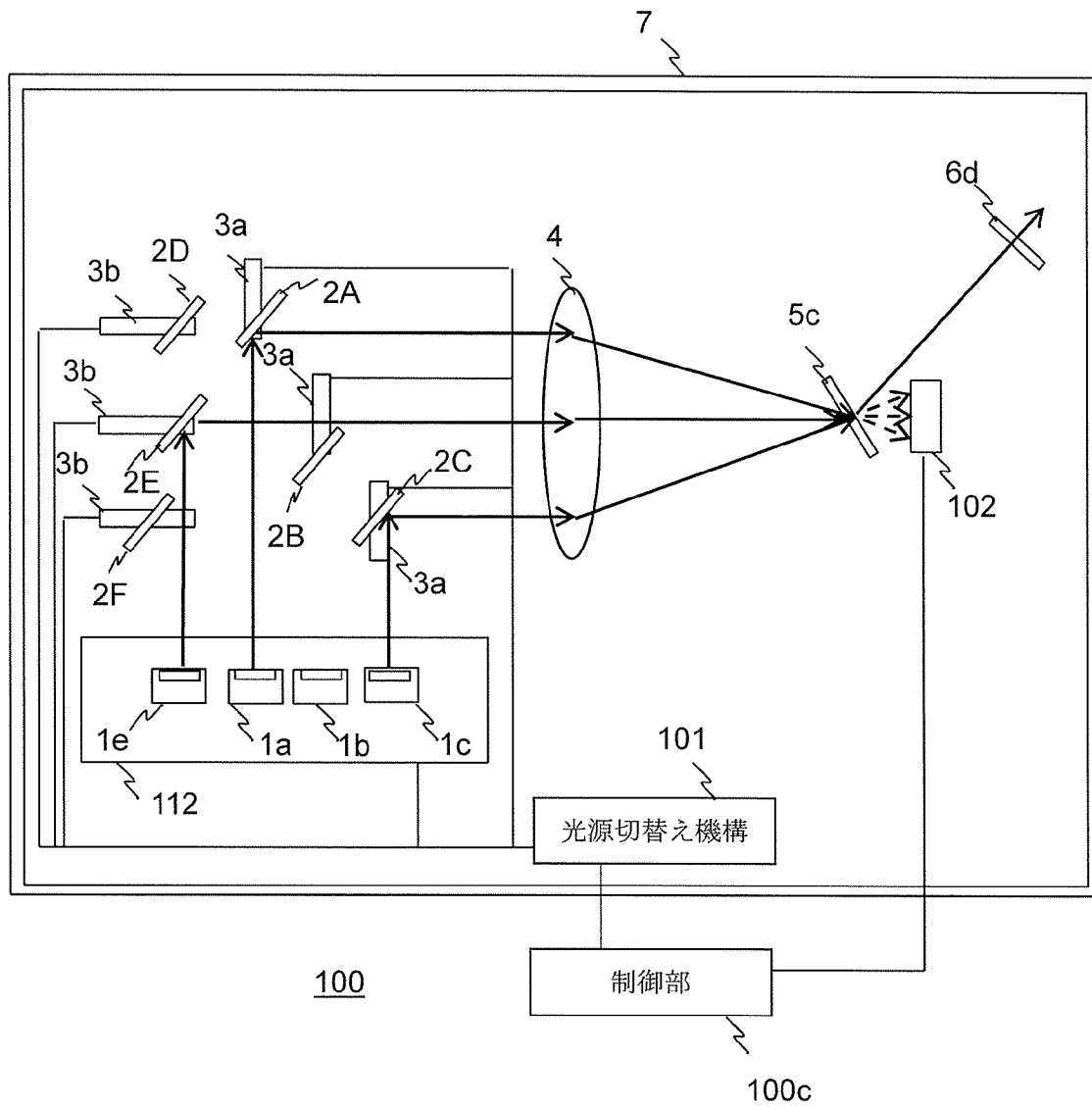
[図17]



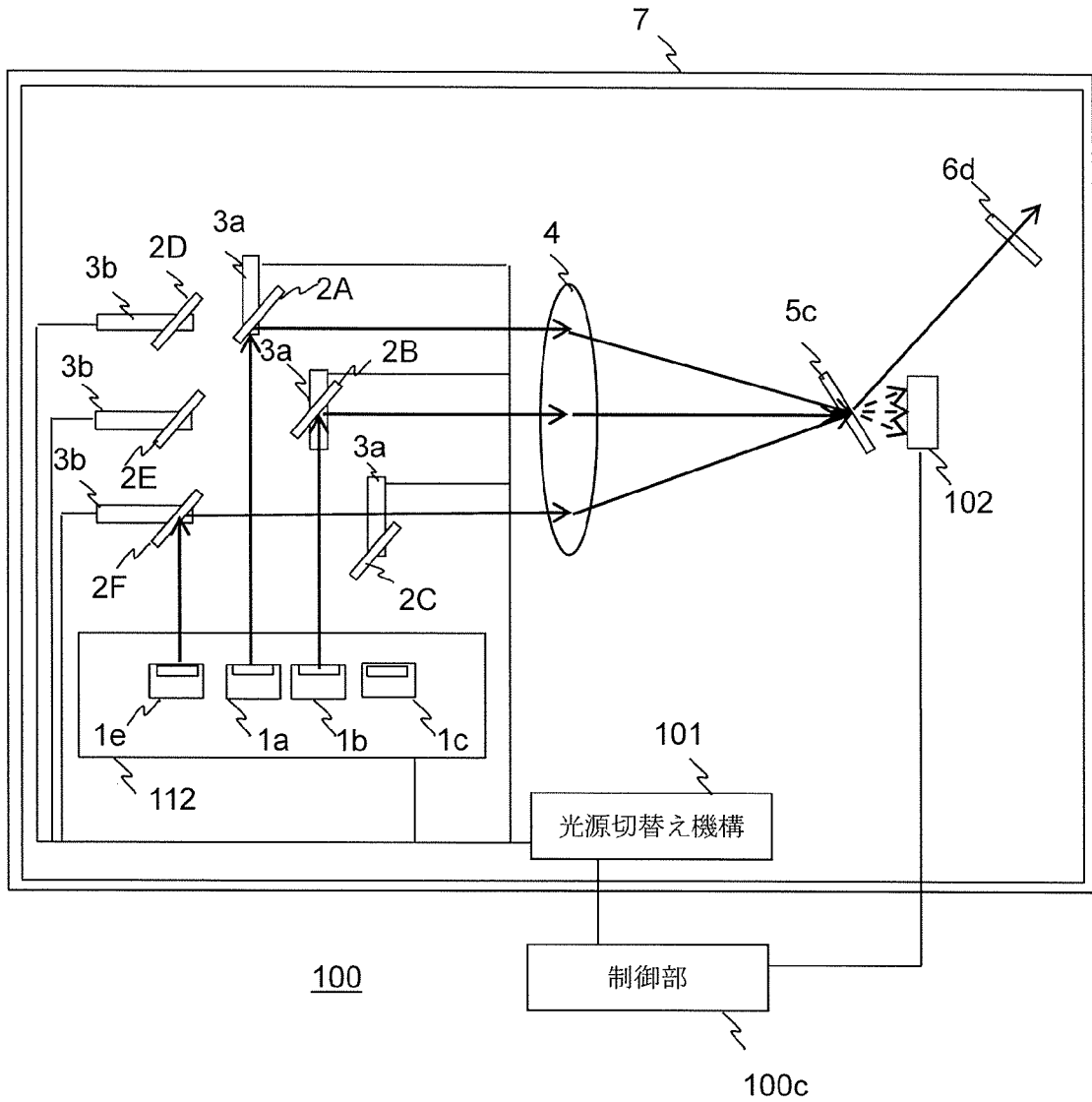
[図18]



[図19]



[図20]



[図21]

		折り曲げミラー					
		2 A	2 B	2 C	2 D	2 E	2 F
LDパッケージ故障箇所	1 a	移動	静止	静止	静止	移動	移動
	1 b	静止	移動	静止	静止	静止	移動
	1 c	静止	静止	移動	静止	静止	静止

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2015/051663

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
H01S5/40(2006.01)i, B23K26/00(2014.01)i, H01S5/0683(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, B23K26/00-26/70

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
X Y	JP 2012-043698 A (Sharp Corp.), 01 March 2012 (01.03.2012), entire text; all drawings (particularly, paragraphs [0042], [0043], [0046], [0057], [0083], [0099] to [0102]; fig. 4, 6) (Family: none)	6-10, 12 1-4, 9-11
Y	JP 63-194886 A (Nippon Kogaku Kogyo Kabushiki Kaisha), 12 August 1988 (12.08.1988), entire text; all drawings (particularly, page 3, lower right column, lines 7 to 17; page 6, upper right column, line 14 to lower left column, line 11; fig. 1) (Family: none)	1-4, 9-11

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

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

Date of the actual completion of the international search 10 April 2015 (10.04.15)	Date of mailing of the international search report 21 April 2015 (21.04.15)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/051663

## 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 2005-270995 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 06 October 2005 (06.10.2005), entire text; all drawings (particularly, paragraphs [0035], [0042], [0043]) (Family: none)	1-4, 9-11
X	JP 2005-530332 A (Rofin-Sinar Laser GmbH), 06 October 2005 (06.10.2005), entire text; all drawings (particularly, paragraphs [0005], [0006], [0013]) & US 2005/0018726 A1 & EP 1481453 A1 & WO 2003/075423 A1 & DE 10209374 A1 & AT 299305 T	5, 9, 10
P, X	WO 2014/208048 A1 (NEC Corp.), 31 December 2014 (31.12.2014), entire text; all drawings (particularly, paragraphs [0031] to [0033]) (Family: none)	5, 9, 10
A	JP 03-249628 A (NEC Corp.), 07 November 1991 (07.11.1991), entire text; all drawings (particularly, page 2, lower left column, lines 13 to 15; page 3, lower left column, lines 4 to 16) (Family: none)	1-12
A	JP 10-284789 A (NEC Corp.), 23 October 1998 (23.10.1998), entire text; all drawings (particularly, claim 1) (Family: none)	1-12
A	JP 2006-095911 A (Konica Minolta Medical & Graphic, Inc.), 13 April 2006 (13.04.2006), entire text; all drawings (particularly, paragraphs [0035] to [0038]) (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01S5/40(2006.01)i, B23K26/00(2014.01)i, H01S5/0683(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, B23K26/00-26/70		
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
X	JP 2012-043698 A（シャープ株式会社）2012.03.01, 全文、全図（特に、[0042], [0043], [0046], [0057], [0083], [0099]-	6-10, 12
Y	[0102]、図4,6） （ファミリーなし）	1-4, 9-11
Y	JP 63-194886 A（日本光学工業株式会社）1988.08.12, 全文、全図（特に、第3ページ右下欄第7-17行、第6ページ右上 欄第14行から同ページ左下欄第11行、図1） （ファミリーなし）	1-4, 9-11
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <span style="margin-left: 200px;"><input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</span>		
* 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 10.04.2015	国際調査報告の発送日 21.04.2015	
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） 佐藤 秀樹 電話番号 03-3581-1101 内線 3294	2 X    3 1 5 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
Y	JP 2005-270995 A (松下電器産業株式会社) 2005. 10. 06, 全文、全図 (特に、[0035], [0042], [0043]) (ファミリーなし)	1-4, 9-11
X	JP 2005-530332 A (ロフィンージナル レーザー ゲゼルシャフ ト ミット ベシュレンクテル ハフツング) 2005. 10. 06, 全文、全図 (特に、[0005], [0006], [0013]) & US 2005/0018726 A1 & EP 1481453 A1 & WO 2003/075423 A1 & DE 10209374 A1 & AT 299305 T	5, 9, 10
P, X	WO 2014/208048 A1 (日本電気株式会社) 2014. 12. 31, 全文、全図 (特に、[0031]-[0033]) (ファミリーなし)	5, 9, 10
A	JP 03-249628 A (日本電気株式会社) 1991. 11. 07, 全文、全図 (特に、第 2 ページ左下欄第 13-15 行、第 3 ページ左下 欄第 4-16 行) (ファミリーなし)	1-12
A	JP 10-284789 A (日本電気株式会社) 1998. 10. 23, 全文、全図 (特に、請求項 1) (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2006-095911 A (コニカミノルタエムジー株式会社) 2006. 04. 13, 全文、全図 (特に、[0035]-[0038]) (ファミリーなし)	1-12