

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-138028

(P2014-138028A)

(43) 公開日 平成26年7月28日(2014.7.28)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
HO 1 S 5/14 (2006.01)		HO 1 S 5/14		5 F 1 7 2
HO 1 S 3/00 (2006.01)		HO 1 S 3/00	B	5 F 1 7 3
HO 1 S 3/10 (2006.01)		HO 1 S 3/10	Z	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2013-4707 (P2013-4707)  
 (22) 出願日 平成25年1月15日 (2013.1.15)

(71) 出願人 000002945  
 オムロン株式会社  
 京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町  
 801番地  
 (74) 代理人 100082131  
 弁理士 稲本 義雄  
 (74) 代理人 100121131  
 弁理士 西川 孝  
 (72) 発明者 吉岡 昌男  
 京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町  
 801番地 オムロン株式会社内  
 (72) 発明者 戸川 拓哉  
 京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町  
 801番地 オムロン株式会社内  
 Fターム(参考) 5F172 AM08 NN22 ZZ01  
 5F173 AB34 AL04 MA08 MF03 MF40

(54) 【発明の名称】 レーザ発振器

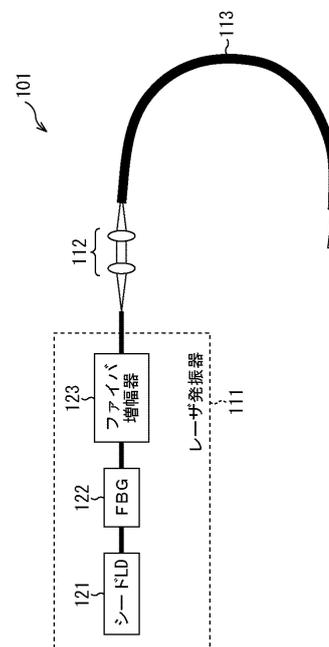
(57) 【要約】

【課題】レーザ発振器から出射されるレーザ光を光ファイバを通過させた場合に、断面の光強度分布の均一性を向上させる。

【解決手段】シードLD 121は、全反射面と部分反射面により構成される内部共振器を有するシングルモードの半導体レーザにより構成される。FBG 122は、反射帯域が異なる複数の回折格子が形成されており、シードLD 121の全反射面と各回折格子により複数の外部発振器が構成される。ファイバ増幅器 123は、FBG 122から出射されたレーザ光を増幅し、増幅されたレーザ光は、レンズ系 112を介して、角形光ファイバ 113に導入される。本発明は、例えば、ファイバレーザに適用できる。

【選択図】 図4

図4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

全反射面と部分反射面により構成される第 1 の光共振器を有するシングルモードの半導体レーザと、

前記半導体レーザの前記部分反射面から出射される光が入射するとともに、前記半導体レーザの前記全反射面との間で第 2 の光共振器を構成する回折格子が形成されているファイバブラッググレーティングと、

前記ファイバブラッググレーティングから出射されたレーザ光を増幅するファイバ増幅器と

を備えるレーザ発振器。

10

**【請求項 2】**

前記ファイバブラッググレーティングには、反射帯域が異なる複数の回折格子が形成されている

請求項 1 に記載のレーザ発振器。

**【請求項 3】**

複数の前記回折格子の各反射帯域は、隣接する反射帯域と一部が重なっており、複数の前記回折格子の反射帯域を重ね合わせた反射帯域は、前記半導体レーザのピーク波長を含む

請求項 2 に記載のレーザ発振器。

20

**【請求項 4】**

前記回折格子の反射帯域は、前記半導体レーザのスペクトル幅より広く、前記半導体レーザのピーク波長を含む

請求項 1 に記載のレーザ発振器。

**【請求項 5】**

前記ファイバ増幅器から出射されたレーザ光は、光ファイバを通過させた後、加工対象物に照射される

請求項 1 に記載のレーザ発振器。

**【請求項 6】**

全反射面と部分反射面により構成される第 1 の光共振器を有するシングルモードの半導体レーザと、

30

前記半導体レーザの前記部分反射面から出射される光が入射するとともに、前記半導体レーザの前記全反射面との間で第 2 の光共振器を構成する回折格子が形成されているファイバブラッググレーティングと

を備え、

前記ファイバブラッググレーティングから出射されるレーザ光を出射する

レーザ発振器。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、レーザ発振器に関し、特に、光ファイバを通過させることによりレーザ光の断面の光強度分布の均一性を高める場合に用いて好適なレーザ発振器に関する。

40

**【背景技術】****【0002】**

近年、断面の光強度分布の均一性が高いレーザ光（以下、フラットトップビームと称する）を得るための技術の開発が進んでいる。例えば、レーザ光を光ファイバを通過させることにより、フラットトップビームを得ることが提案されている（例えば、特許文献 1、2 参照）。

**【0003】**

また、従来、誘導ラマン散乱及び誘導ブリルアン散乱を利用して、任意の波長のレーザ光から広い波長域の範囲内に広がったレーザ光を得ることが提案されている（例えば、特

50

許文献 3 参照)。具体的には、特許文献 3 に記載の発明では、Nd : YAG レーザから波長 1 のレーザ光を光ファイバに導入し、ファイバブラッググレーティング (FBG) によりレーザ光を反射することにより、誘導ラマン散乱が活性化される。また、Nd : YAG レーザと FBG の間に、波長 2 を含む波長域 1 のレーザ光を反射する 1 対のチャープファイバブラッググレーティング (CFBG) を設けることにより、CFBG により波長 2 のレーザ光が発振し、さらに誘導ブリルアン散乱により多波長のレーザ光が発振する。その結果、波長 1 のレーザ光から波長域 1 のレーザ光が得られる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2009 - 168914 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 189389 号公報

【特許文献 3】特開 2002 - 353539 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ここで、図 1 乃至図 3 を参照して、ファイバレーザから出射されるレーザ光を光ファイバを通過させてフラットトップビームを得る場合について検討する。

【0006】

図 1 のレーザ発振器 11 は、シード LD (レーザダイオード) 21 及びファイバ増幅器 22 を含むファイバレーザにより構成される。そして、レーザ発振器 11 から出射されたレーザ光は、レンズ系 12 を介して、コアの断面が矩形の角形光ファイバ 13 に導入され、角形光ファイバ 13 を通過し、出射される。

【0007】

図 2 は、角形光ファイバ 13 から出射されたレーザ光の照射面におけるビームプロファイルの測定結果を模式的に示している。この例に示されるように、照射面において多数のスペックルが発生し、光強度分布にバラツキが生じている。これは、レーザ発振器 11 から出射されるレーザ光のスペクトル幅が狭く、コヒーレント性が高いことにより、レーザ光の干渉が発生しやすいためである。

【0008】

例えば、図 3 は、角形光ファイバ 13 を通過するレーザ光の軌跡の例を示している。図内の矢印で示されるように、角形光ファイバ 13 内の異なる軌跡を通ったレーザ光が、照射面の同じ位置に照射されると、各レーザ光の波長が同じため干渉が起こる。そして、角形光ファイバ 13 から出射された同じ波長のレーザ光が、照射面において不規則な位相関係で干渉し合い、不規則な干渉パターンが生じることにより、スペックルが増加し、光強度分布にバラツキが生じる。その結果、レーザ加工のムラが生じ、加工品質が低下する。

【0009】

そこで、本発明は、レーザ発振器から出射されるレーザ光を光ファイバを通過させた場合に、断面の光強度分布の均一性を向上させるようにするものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の第 1 の側面のレーザ発振器は、全反射面と部分反射面により構成される第 1 の光共振器を有するシングルモードの半導体レーザと、半導体レーザの部分反射面から出射される光が入射するとともに、半導体レーザの全反射面との間で第 2 の光共振器を構成する回折格子が形成されているファイバブラッググレーティングと、ファイバブラッググレーティングから出射されたレーザ光を増幅するファイバ増幅器とを備える。

【0011】

本発明の第 1 の側面のレーザ発振器においては、第 1 の光共振器及び第 2 の光共振器により、異なる波長のレーザ光が発振された後、レーザ光が増幅される。

【0012】

10

20

30

40

50

これにより、レーザ発振器から出射されるレーザ光のスペクトル幅を広げることができる。また、レーザ発振器から出射されるレーザ光を光ファイバを通過させた場合に、断面の光強度分布の均一性を向上させることができる。

【0013】

このファイバブラッググレーティングには、反射帯域が異なる複数の回折格子を形成することができる。

【0014】

これにより、簡単な構成により、レーザ発振器から出射されるレーザ光のスペクトル幅をより広げることができる。

【0015】

これらの複数の回折格子の各反射帯域を、隣接する反射帯域の一部と重ね、複数の回折格子の反射帯域を重ね合わせた反射帯域を、半導体レーザのピーク波長を含むようにすることができる。

【0016】

この回折格子の反射帯域は、半導体レーザのスペクトル幅より広く、半導体レーザのピーク波長を含むようにすることができる。

【0017】

このファイバ増幅器から出射されたレーザ光を、光ファイバを通過させた後、加工対象物に照射させるようにすることができる。

【0018】

これにより、断面の光強度分布の均一性が高いレーザ光を加工対象物に照射することができ、加工品質が向上する。

【0019】

本発明の第2の側面のレーザ発振器は、全反射面と部分反射面により構成される第1の光共振器を有するシングルモードの半導体レーザと、半導体レーザの部分反射面から出射される光が入射するとともに、半導体レーザの全反射面との間で第2の光共振器を構成する回折格子が形成されているファイバブラッググレーティングとを備え、ファイバブラッググレーティングから出射されるレーザ光を出射する。

【0020】

本発明の第2の側面のレーザ発振器においては、第1の光共振器及び第2の光共振器により、異なる波長のレーザ光が発振された後、出射される。

【0021】

これにより、レーザ発振器から出射されるレーザ光のスペクトル幅を広げることができる。また、レーザ発振器から出射されるレーザ光を、光ファイバを通過させた場合に、断面の光強度分布の均一性を向上させることができる。

【発明の効果】

【0022】

本発明の第1の側面又は第2の側面によれば、レーザ発振器から出射されるレーザ光のスペクトル幅を広げることができる。また、本発明の第1の側面又は第2の側面によれば、レーザ発振器から出射されるレーザ光を光ファイバを通過させた場合に、断面の光強度分布の均一性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】従来のレーザ加工装置の一例を示す図である。

【図2】従来のレーザ加工装置から出射されるレーザ光のビームプロファイルの例を示す図である。

【図3】従来のレーザ加工装置の角形光ファイバを通過するレーザ光の軌跡の例を示す図である。

【図4】本発明を適用したレーザ加工装置の一実施の形態を示す図である。

【図5】シードLDの構成例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図6】FBGの構成例を示す図である。

【図7】FBGの反射特性の例を示すグラフである。

【図8】本発明を適用したレーザ発振器のレーザ発振の原理を説明するための図である。

【図9】本発明を適用したレーザ発振器から出射されるレーザ光のスペクトルの例を示す図である。

【図10】本発明を適用したレーザ加工装置から出射されるレーザ光のビームプロファイルの例を示す図である。

【図11】本発明を適用したレーザ加工装置の角形光ファイバを通過するレーザ光の軌跡の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0024】

以下、本発明を実施するための形態（以下、実施の形態という）について説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

1. 実施の形態

2. 変形例

【0025】

< 1. 実施の形態 >

[レーザ加工装置の構成例]

図4は、本発明を適用したレーザ加工装置101の一実施の形態を示している。レーザ加工装置101は、例えば、薄膜太陽電池パネルや有機EL等の加工に用いられる。また、レーザ加工装置101は、レーザ発振器111、レンズ系112及び角形光ファイバ113を含むように構成される。

20

【0026】

レーザ発振器111は、ファイバ増幅器123によりレーザ光の増幅を行うファイバレーザにより構成され、シードLD（レーザダイオード）121、ファイバブラッググレーティング（FBG）122及びファイバ増幅器123を含むように構成される。

【0027】

シードLD121は、例えば、標準的なシングルモードの半導体レーザにより構成され、所定の波長のレーザ光を発振し、出射する。なお、以下、シードLD121が、ピーク波長が1062nmのレーザ光を発振する場合を例に挙げて説明する。

30

【0028】

図5は、シードLD121の構成例を示している。シードLD121は、+側の電極201aと-側の電極201bの間に、P型半導体202、活性層203及びN型半導体204が積層された構成を有している。また、シードLD121の各層に対して垂直な方向の側面であって、互いに対向する側面の一方に全反射面205が形成され、他方に部分反射面206が形成されている。この全反射面205と部分反射面206により光共振器（以下、内部共振器と称する）が構成される。

【0029】

図4に戻り、FBG122は、シードLD121の部分反射面206側に配置され、部分反射面206から出射される光が入射する。FBG122は、例えば、融着によりシードLD121に接続される。

40

【0030】

図6は、FBG122の構成例を示している。FBG122は、コア251とクラッド252からなる光ファイバのコア251中に、中心波長（ブラッグ波長）が異なる3つの回折格子253a乃至253cを光軸方向に並べるように形成したものである。

【0031】

図7は、回折格子253a乃至253c及びFBG122全体の反射特性の例を示している。具体的には、図7の上側の左側のグラフは回折格子253aの反射特性を示し、真ん中のグラフは回折格子253bの反射特性を示し、右側のグラフは回折格子253cの反射特性を示している。また、図7の下側のグラフは、FBG122全体の反射特性を示

50

している。

【 0 0 3 2 】

回折格子 2 5 3 a 乃至 2 5 3 c の反射帯域の帯域幅は、標準的な F B G の回折格子の反射帯域より広く、また、シード L D 1 2 1 のスペクトル幅より広がっている。具体的には、回折格子 2 5 3 a の反射帯域は、1058nm を中心とする約 4nm の幅の帯域である。回折格子 2 5 3 b の反射帯域は、シード L D 1 2 1 のピーク波長と同じ 1062nm を中心とする約 4nm の幅の帯域である。回折格子 2 5 3 c の反射帯域は、1066nm を中心とする約 4nm の幅の帯域である。

【 0 0 3 3 】

また、各反射帯域は、隣接する反射帯域と一部が重なっている。具体的には、回折格子 2 5 3 a の反射帯域の長波長側と、回折格子 2 5 3 b の反射帯域の短波長側が一部重なり、回折格子 2 5 3 b の反射帯域の長波長側と、回折格子 2 5 3 c の反射帯域の短波長側が一部重なっている。そして、回折格子 2 5 3 a 乃至 2 5 3 c の反射帯域を重ね合わせた F B G 1 2 2 全体の反射帯域は、1062nm を中心とする約 8nm の幅の帯域となる。

10

【 0 0 3 4 】

このように、反射帯域が異なる複数の回折格子 2 5 3 a 乃至 2 5 3 c を形成することにより、簡単に反射帯域の広い F B G 1 2 2 を得ることができる。

【 0 0 3 5 】

後述するように、シード L D 1 2 1 の全反射面 2 0 5 と F B G 1 2 2 の回折格子 2 5 3 a 乃至 2 5 3 c により 3 つの光共振器（以下、外部共振器と称する）が構成され、各外部共振器において、シード L D 1 2 1 とは異なる波長のレーザ光が発振する。そして、シード L D 1 2 1 単体で発振したレーザ光、及び、各外部共振器で発振したレーザ光が、F B G 1 2 2 から出射され、ファイバ増幅器 1 2 3 に入射する。

20

【 0 0 3 6 】

なお、以下、回折格子 2 5 3 a 乃至 2 5 3 c を個々に区別する必要がない場合、単に、回折格子 2 5 3 と称する。

【 0 0 3 7 】

図 4 に戻り、ファイバ増幅器 1 2 3 は、光ファイバを媒質とする増幅器であり、F B G 1 2 2 から出射されたレーザ光を増幅して出射する。ファイバ増幅器 1 2 3 から出射されたレーザ光は、レンズ系 1 1 2 により角形光ファイバ 1 1 3 に導入される。

30

【 0 0 3 8 】

角形光ファイバ 1 1 3 は、コアの断面が矩形であり、入射したレーザ光の断面を矩形に成形して出射する。なお、後述するように、角形光ファイバ 1 1 3 から出射されるレーザ光は、断面の光強度分布の均一性が高いフラットトップビームとなる。

【 0 0 3 9 】

角形光ファイバ 1 1 3 から出射されたレーザ光は、図示せぬ加工光学系を介して、例えば、薄膜太陽電池パネルや有機 E L 等の加工対象物に照射され、レーザ加工が行われる。

【 0 0 4 0 】

[ 角形光ファイバ 1 1 3 から出射されるレーザ光がフラットトップビームとなる原理 ]

次に、図 8 乃至図 1 1 を参照して、角形光ファイバ 1 1 3 から出射されるレーザ光がフラットトップビームとなる原理について説明する。

40

【 0 0 4 1 】

図 8 に示されるように、シード L D 2 1 の電極 2 0 1 a と電極 2 0 1 b の間に電圧を印加すると、活性層 2 0 3 において自然放出光が発生する。この自然放出光の波長特性は、ほぼガウス分布に従い、所定の波長（例えば、1062nm）を中心とする比較的広い帯域幅（例えば、200nm 程度）を有している。そして、活性層 2 0 3 において、この自然放出光をシード光とする誘導放出が引き起こされ、誘導放出光が発生する。また、全反射面 2 0 5 と部分反射面 2 0 6 からなる内部共振器の間を自然放出光及び誘導放出光が往復し、誘導放出が引き起こされる。このとき、内部共振器において、“内部共振器の共振器長 = 波長の整数倍” となる波長の光が共振し、増幅される。このようにして、所定の波長（例えば

50

、1062nm)のレーザ光が発振する。そして、発振したレーザ光、並びに、自然放出光及び誘導放出光の一部を含む光が、部分反射面206から出射される。

【0042】

また、部分反射面206とFBG122の各回折格子253により構成される各外部共振器においても、内部共振器と同様に、所定の波長のレーザ光が発振する。そして、内部共振器(シードLD121単体)及び外部共振器において発振したレーザ光が、FBG122からファイバ増幅器123に向けて出射される。

【0043】

ここで、各外部共振器において、各回折格子253の反射帯域内で、かつ、“各外部共振器の共振器長=波長の整数倍”となる波長のレーザ光が発振する。

10

【0044】

このように、シードLD21(内部共振器)及び各外部共振器において、シードLD21のピーク波長、及び、当該ピーク波長の近傍の複数の波長のレーザ光が発振する。これにより、シードLD121単体から出射されるレーザ光よりスペクトル幅が広いレーザ光が、レーザ発振器111から出射される。

【0045】

図9は、レーザ発振器111から出射されるレーザ光のスペクトルの一例である。この例に示されるように、レーザ発振器111から出射されるレーザ光は、シードLD121のピーク波長である1062nmの他に、FBG122の各回折格子253の中心波長付近にもピークが現れるとともに、スペクトル幅が広がっている。

20

【0046】

図10は、角形光ファイバ113から出射されるレーザ光の照射面におけるビームプロファイルの測定結果を模式的に示している。上述した図2の例と比較すると、スペックルが減少し、光強度分布がほぼ均一になっている。これは、従来のレーザ発振器11(図1)から出射されるレーザ光と比較して、レーザ発振器111から出射されるレーザ光のスペクトル幅が広く、コヒーレント性が弱いことにより、レーザ光の干渉が発生しにくくなるためである。

【0047】

例えば、図11は、図1と同様に、角形光ファイバ113から出射されるレーザ光の軌跡の例を示している。なお、各矢印の線種の違いは、波長の違いを示している。この図のように、異なる波長のレーザ光が照射面の同じ位置に照射されたとしても、各レーザ光は干渉しない。

30

【0048】

そして、レーザ光のスペクトル幅が広がり、コヒーレント性が低下することにより、角形光ファイバ113内の異なる軌跡を通った同じ波長のレーザ光が、照射面の同じ位置に照射され、干渉する可能性が低くなる。これにより、照射面においてレーザ光のスペックルが減り、光強度分布の均一性が向上する。その結果、レーザ加工のムラが減少し、加工品質が向上する。

【0049】

また、レーザ発振器111は、シードLD121にFBG122を接続するだけの簡単な構成により実現することができるため、各種の調整作業、装置の大型化、コストの上昇等の発生を抑制することができる。

40

【0050】

さらに、レーザ加工装置101は、ファブレーザからなるレーザ発振器111を用いているため、他の固体レーザを用いた場合と比較して、レーザ光の繰り返し周波数、パルス幅、出力強度等を容易に独立して調整することが可能である。

【0051】

<2. 変形例>

以下、上述した本発明の実施の形態の変形例について説明する。

【0052】

50

例えば、FBG 1 2 2 に形成する回折格子 2 5 3 の数は、3 つに限定されるものではなく、1 以上の任意の数に設定することができる。

【0053】

また、回折格子 2 5 3 の反射特性は、図 7 に示される例に限定されるものではなく、例えば、シード LD 1 2 1 の波長特性等に応じて、反射帯域の中心波長や帯域幅等を変更することが可能である。

【0054】

さらに、本発明は、コアの断面が矩形以外の形状（例えば、円形）の光ファイバを用いる場合にも適用することができる。

【0055】

また、例えば、シード LD 1 2 1 と FBG 1 2 2 を融着等により物理的に接続せずに、レンズ等を介して、光学的に接続するようにしてもよい。

【0056】

さらに、例えば、シード LD 1 2 1 及び FBG 1 2 2 により、加工に必要な強度のレーザー光を得られる場合には、ファイバ増幅器 1 2 3 を設けないようにすることも可能である。

【0057】

また、本発明は、FBG 1 2 2 の代わりに、シード LD 1 2 1 の全反射面との間で外部共振器を構成することが可能な光学部品を用いることも可能である。

【0058】

さらに、本技術の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

【符号の説明】

【0059】

- 101 レーザ加工装置
- 111 ファイバレーザー
- 112 レンズ系
- 113 角形光ファイバ
- 121 シード LD
- 122 FBG
- 123 ファイバ増幅器
- 201 a , 201 b 電極
- 202 P 型半導体
- 203 活性層
- 204 N 型半導体
- 205 全反射面
- 206 部分反射面
- 251 コア
- 252 クラッド
- 253 a 乃至 253 c 回折格子

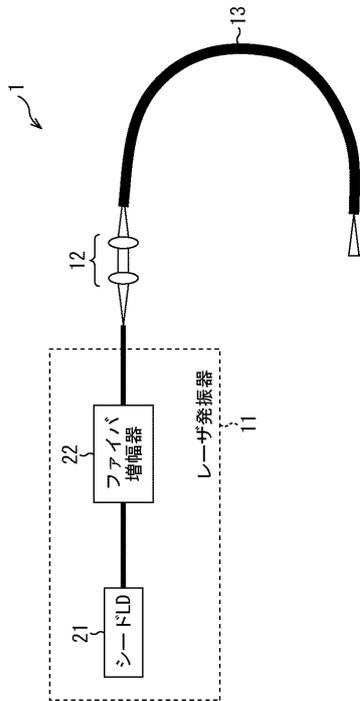
10

20

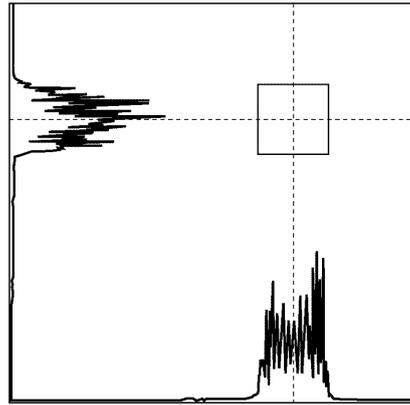
30

40

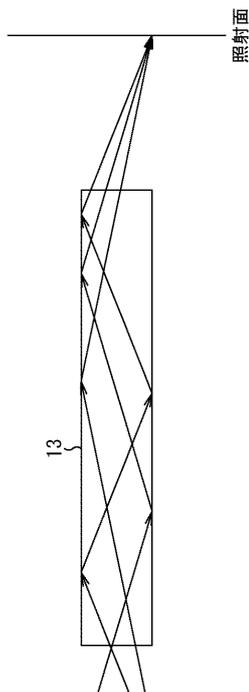
【図1】  
図1



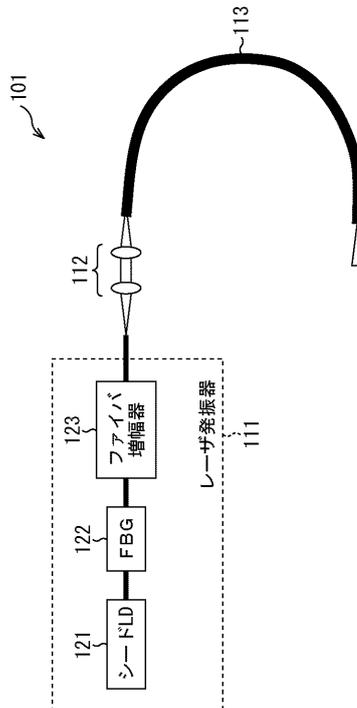
【図2】  
図2



【図3】  
図3

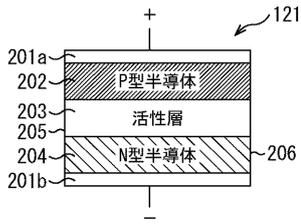


【図4】  
図4



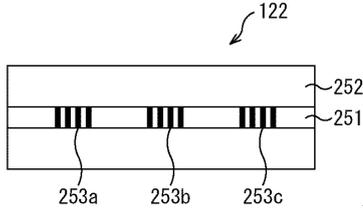
【図5】

図5



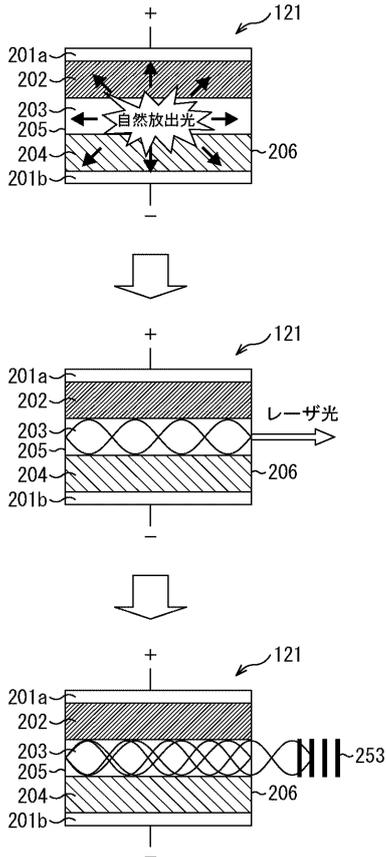
【図6】

図6



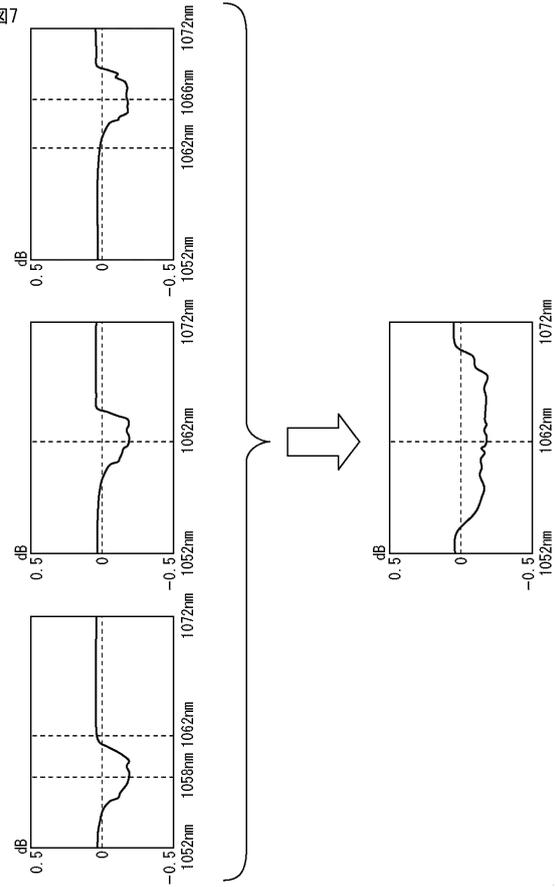
【図8】

図8



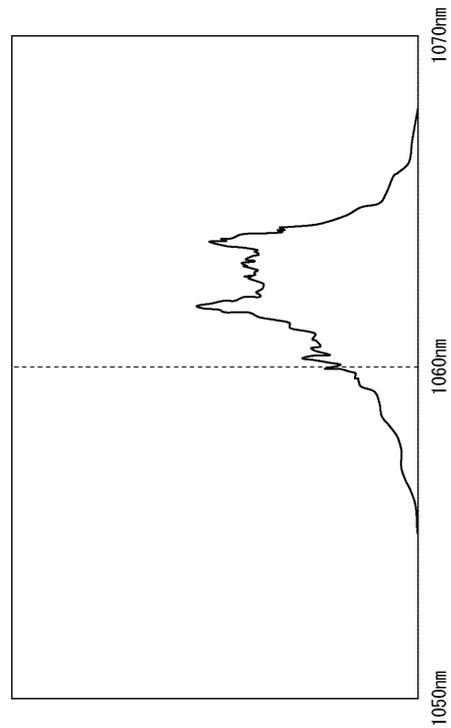
【図7】

図7



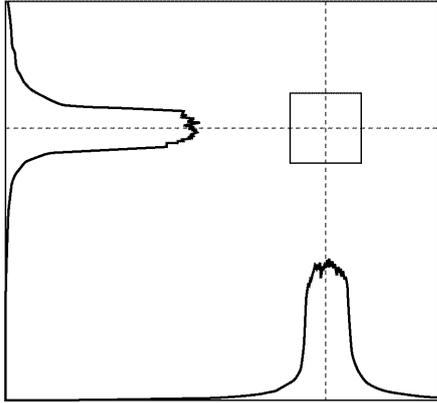
【図9】

図9



【 図 10 】

図10



【 図 11 】

図11

