

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5870509号
(P5870509)

(45) 発行日 平成28年3月1日 (2016.3.1)

(24) 登録日 平成28年1月22日 (2016.1.22)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 S 5/50 (2006.01)

HO 1 S 5/065 (2006.01)

G 1 1 B 7/125 (2012.01)

HO 1 S 5/50 6 1 O

HO 1 S 5/065

G 1 1 B 7/125 A

請求項の数 5 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2011-120501 (P2011-120501)	(73) 特許権者	000002185
(22) 出願日	平成23年5月30日 (2011.5.30)		ソニー株式会社
(65) 公開番号	特開2012-248745 (P2012-248745A)		東京都港区港南1丁目7番1号
(43) 公開日	平成24年12月13日 (2012.12.13)	(74) 代理人	100116942
審査請求日	平成26年5月12日 (2014.5.12)		弁理士 岩田 雅信
前置審査		(74) 代理人	100167704
			弁理士 中川 裕人
		(74) 代理人	100114122
			弁理士 鈴木 伸夫
		(74) 代理人	100086841
			弁理士 脇 篤夫
		(72) 発明者	岡 美智雄
			東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株 式会社内
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 光源装置、光学ピックアップ、記録装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

外部共振器を含むモードロックレーザ部と当該モードロックレーザ部から出射されるレーザ光を増幅変調する半導体光増幅器とを有して構成される M O P A (Master Oscillator Power Amplifier) による光源装置であって、

上記半導体光増幅器の入射側導波路の横方向幅が、当該半導体光増幅器の入射側導波路の水平横モードがマルチモードとなるように設定されていると共に、

上記半導体光増幅器の入射側光結合において基本モードが選択励起されるように、上記モードロックレーザ部から上記半導体光増幅器への入射光を拡大する倍率変換を行う倍率変換部を備え、

上記半導体光増幅器の出力光の波面を補償するための非点収差を上記モードロックレーザ部から上記半導体光増幅器への入射光に与えるように構成されている

光源装置。

【請求項 2】

上記倍率変換部は、
アナモルフィックプリズム、シリンдриカルレンズ、トーリックレンズの何れかを有して上記倍率変換を行うように構成されている

請求項 1 に記載の光源装置。

【請求項 3】

上記半導体光増幅器が G a N 系半導体光増幅器とされる請求項 1 に記載の光源装置。

【請求項 4】

外部共振器を含むモードロックレーザ部と当該モードロックレーザ部から出射されるレーザ光を増幅変調する半導体光増幅器とを有して構成される M O P A (Master Oscillator Power Amplifier) による光源部と、

上記光源部から出射されたレーザ光を光記録媒体に対して照射する対物レンズとを備え、

上記光源部が、

上記半導体光増幅器の入射側導波路の横方向幅が、当該半導体光増幅器の入射側導波路の水平横モードがマルチモードとなるように設定されていると共に、上記半導体光増幅器の入射側光結合において基本モードが選択励起されるように、上記モードロックレーザ部から上記半導体光増幅器への入射光を拡大する倍率変換を行う倍率変換部を備え、上記半導体光増幅器の出力光の波面を補償するための非点収差を上記モードロックレーザ部から上記半導体光増幅器への入射光に与えるように構成されている

10

光学ピックアップ。

【請求項 5】

外部共振器を含むモードロックレーザ部と当該モードロックレーザ部から出射されるレーザ光を増幅変調する半導体光増幅器とを有して構成される M O P A (Master Oscillator Power Amplifier) による光源部と、

上記光源部を駆動して光記録媒体に対する情報記録を実行させる記録制御部とを備え、

上記光源部が、

上記半導体光増幅器の入射側導波路の横方向幅が、当該半導体光増幅器の入射側導波路の水平横モードがマルチモードとなるように設定されていると共に、上記半導体光増幅器の入射側光結合において基本モードが選択励起されるように、上記モードロックレーザ部から上記半導体光増幅器への入射光を拡大する倍率変換を行う倍率変換部を備え、上記半導体光増幅器の出力光の波面を補償するための非点収差を上記モードロックレーザ部から上記半導体光増幅器への入射光に与えるように構成されている

20

記録装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、モードロックレーザと半導体光増幅器とを組み合わせた M O P A (Master Oscillator Power Amplifier) としての構成を有する光源装置に関する。また M O P A を光記録媒体に対する記録用光源として用いる光学ピックアップ、及び記録装置に関する。

30

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0002】

【非特許文献 1】Applied Physics Express 3 (2010) 102501 "Volumetric Optical Recording Using a 400nm All-Semiconductor Picosecond Laser" Shiori Tashiro, Yoshihiro Takemoto, Hisayuki Yamatsu, Takahiro Miura, Goro Fujita, Takashi Iwamura, Daisuke Ueda, Hiroshi Uchiyama¹, KyungSung Yun², Masaru Kuramoto^{3;4}, Takao Miyajima^{3;4}, Masao Ikeda^{3;4}, and Hiroyuki Yokoyama⁴, Storage & Memory Business Development Division, Core Device Development Group, Sony

40

【背景技術】

【0003】

例えば数百 MHz や数 GHz といった比較的高い繰り返し周波数を実現するパルスレーザとして、M L L D (Mode Locked Laser Diode: モードロックレーザとも称する) をマスターレーザとし、その光出力を S O A (Semiconductor Optical Amp: 半導体光増幅器) で増幅変調する M O P A (Master Oscillator Power Amplifier) が知られている。

【0004】

ここで、マスターレーザからの入力光を S O A で増幅変調するという構成は、従来にお

50

いては、主として光通信系の分野で採用されていた。

光通信においては、入力／出力される光は光ファイバにより伝送される。

このとき、特に基幹通信系では、例えばITU (International Telecommunication Union) などの通信規格により、シングルモードファイバを用いるものとされており、従ってSOAの導波路としても、その入射側はシングルモードで設計されるものが多く見受けられる。実際の製品で見ても、半導体と光ファイバを一体パッケージ化した半導体光増器 (半導体増幅モジュール) としては、例えば以下に挙げるAlphion社製品のようにシングルモードファイバとの結合が為されており、よって、半導体光増幅器の導波路もシングルモードとされる。

10

・ http://www.sun-ins.com/lineup2/alphion/pdf-soa/8_alphion_x-band_amplifier.pdf
【0005】

このようにシングルモードファイバによる入力に対応して導波路をシングルモードに設計する点については、モード結合理論から明らかなように (例えば國分泰雄著「光波光学」共立出版を参照)

$$|E_{in}\rangle = \sum_i C_i |i\rangle + \sum_j D_j |j\rangle \cdots \text{[式1]}$$

E_{in} は入射電場、 i は半導体の入力端導波路の導波モード、 j は半導体の入力端導波路の放射モードであり、

20

$$C_i = \langle i | E_{in} \rangle \cdots \text{[式2]}$$

$$D_j = \langle j | E_{in} \rangle \cdots \text{[式3]}$$

i, j はモード番号である。

また、その直行性から、

$$\langle i | k \rangle = \delta_{ik} \cdots \text{[式4]}$$

30

$$\langle i | k \rangle = \delta_{ik} \cdots \text{[式5]}$$

$$\langle i | j \rangle = 0 \cdots \text{[式6]}$$

が成り立つ。また、

【数1】

$$\langle a | b \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} dx \int_{-\infty}^{\infty} dy a(x, y)^* b(x, y) \cdots \text{[式7]}$$

40

である。

【0006】

ここで近年、本出願人は、MOPAを記録用光源として用いる光記録システムを提案している (例えば上記非特許文献1を参照)。

この非特許文献1で提案したMOPAは、波長 = 405 nm程度、繰り返し周波数 = 1 GHz程度、パルス幅 = 4 ピコ秒程度で、ピークパワー = 100 W程度を実現している。

【0007】

確認のため、光記録システムで用いた場合のMOPAの構成について図20を参照して説明しておく。

50

図20において、MOPAには、MLLD部100と、SOA107とが設けられる。MLLD部100は、半導体レーザとしてのMLLD101と、外部共振器（集光レンズ102・バンドパスフィルタ103・共振用ミラー104）とを備え、所定の繰り返し周波数によるパルスレーザ光（マスターレーザ光）を発光する。

MLLD部100からの出射光はコリメーションレンズ105によりコリメートされ、当該コリメートされた光を集光レンズ106がSOA107の入射端（入射口）に集光する。SOA107は、集光レンズ106を介して入射されたレーザ光を増幅・変調して出力する。このSOA107において、MLLD部100からのマスターレーザ光が記録データに応じて変調されて出力されることになる。

【0008】

10

このような光記録システムで用いるMOPAにおいても、SOA107における入射側導波路の横モード（水平横モード）としては、光通信系分野と同様にシングルモードで設計するものとされている。換言すれば、従来のSOA107の導波路はシングルモード、すなわち基本モードしか導波しない構造を採っているものである。

従って、従来のMOPAにおいては、効率良くシングルモード光結合が為されるべく、MLLD101の出力導波路とSOA107の入力導波路とを同一寸法（同一幅）とするように設計していた。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

20

しかしながら、上記非特許文献1に記載されるMOPAのように比較的高パワーの光出力を実現する場合には特に、シングルモード結合のためMLLD101の出力導波路とSOA107の入力導波路とを同一幅とすると、SOA107の出力光の水平横方向における光強度分布が単峰ではなく複数のピークを持つものとなってしまうことが明らかとなった。

【0010】

図21は、非特許文献1に記載のMOPAにおけるSOA107の出射側ビームプロファイルの近視野像を示し、図22は、SOA107の出力光の水平横方向における光強度分布（図22A）と、SOA107の出射側導波路の断面構造（図22B）との対応関係を示している。

30

これら図21及び図22を参照して分かるように、非特許文献1に記載のMOPAの場合、SOA107の出力光の水平横方向における光強度分布としては、中心ピークに加えその外側に2つのピークが現れる3つ山ピークの形態となる。

【0011】

このように単峰特性とならないのは、SOA107内の導波路から光が染み出していることに起因する。

これは、図22において、外側2つのピークの位置がSOA107の出射側導波路の外側の部分で生じていることから理解できる。

【0012】

また、さらに詳細に調べたところ、導波路の中心に存在するピークは、時間と共にその位置が不安定に変化するということが判明した。

40

【0013】

ここで、光記録システムにおいては、そのスポット内の光量分布が少ないことが良好な記録性能を得る上で望まれる。この意味で、SOA107の出力光については、その強度分布は単峰特性となることが望ましい。

また、上記のようにピーク位置が変動するという点についても、安定した記録性能を維持する面で望ましくなく、その抑制が要請されるものとなる。

【0014】

本技術はかかる問題点に鑑み為されたものであり、MOPAの出射ビームを単峰化し、且つそのピーク位置の変動を抑制することで、光学装置として良好且つ安定な性能を得る

50

ことができるようにすることをその課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記課題の解決のため、本技術では光源装置として以下のように構成することとした。

つまり、本技術の光源装置は、外部共振器を含むモードロックレーザ部と当該モードロックレーザ部から出射されるレーザ光を増幅変調する半導体光増幅器とを有して構成されるMOPA (Master Oscillator Power Amplifier) による光源装置であって、上記半導体光増幅器の入射側導波路の横方向幅が、当該半導体光増幅器の入射側導波路の水平横モードがマルチモードとなるように設定されている。

またこれと共に、上記半導体光増幅器の入射側光結合において基本モードが選択励起されるように、上記モードロックレーザ部から上記半導体光増幅器への入射光を拡大する倍率変換を行う倍率変換部を備え、上記半導体光増幅器の出力光の波面を補償するための非点収差を上記モードロックレーザ部から上記半導体光増幅器への入射光に与えるように構成されているものである。

【0016】

上記のように本技術では、半導体光増幅器の入射側導波路の横方向幅が当該半導体光増幅器の入射側導波路の水平横モードがマルチモードとなるように設定している。換言すれば、半導体光増幅器の入射側導波路の横方向幅を、モードロックレーザの出射側導波路の横方向幅よりも大となるように設定しているものである。このことで、半導体光増幅器の入射側導波路幅で規定される基本モードの光閉じ込めをより大とすることができ、半導体光増幅器の単体発光時での出力光強度分布を単峰化することができる。

その上で本技術では、上記倍率変換部により、半導体光増幅器の入射側光結合において基本モード（シングルモード）が選択励起されるようにしている。これにより、最終的にMOPA全体として出力される光、すなわちモードロックレーザ部との光結合後の半導体光増幅器の出射光について、その光強度分布が単峰特性となるようにすることができる。

また、上記のようにモードロックレーザ部からの入射光を拡大する倍率変換を行うということは、モードロックレーザ部から半導体光増幅器への入射光のスポットサイズを拡大しているということになるが、このことによると、半導体光増幅器の導波路における光密度が低減されることになる。この結果、例えば後述するようにして半導体光増幅器の非線形光学効果（自己位相変調）に起因して生じるものとされる出射ビームのピークの揺らぎの抑制も図られることとなる。

【発明の効果】

【0017】

上記のように本技術によれば、MOPAによる光源装置に関して、その出射ビームを単峰化し、且つそのピーク位置の変動を抑制することができる。このことで、光学装置、特に光記録を行う記録装置として、良好且つ安定な性能を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】実施の形態の記録装置の内部構成を示した図である。

【図2】実施の形態の記録装置が備えるMOPAの内部構成を示した図である。

【図3】従来のMOPAにおけるSOAの各部の寸法とSOAの導波路の基本モードとの関係を示した図である。

【図4】マスターレーザとの光結合を行っていない状態での従来SOAの出射側の横方向ビームプロファイルを示した図である。

【図5】本実施の形態のMOPAにおけるSOAの各部の寸法とSOAの導波路の基本モードとの関係を示した図である。

【図6】マスターレーザとの光結合を行っていない状態での本実施の形態のSOAの出射側の横方向ビームプロファイルを示した図である。

【図7】従来のSOAの入射側端面のSEM像と本実施の形態のSOAの入射側端面のSEM像とを対比して示した図である。

10

20

30

40

50

【図 8】図 7 に示す S E M 像の模式図である。

【図 9】本実施の形態の S O A の導波路における全導波モードを示した図である。

【図 10】S O A 入射端幅のみを変更した際の S O A 出射側の近視野像（マスターレーザとの光結合後）を示した図である。

【図 11】倍率変換を行った場合における S O A の出射側近視野像のビームプロファイルを示した図である。

【図 12】従来の S O A を用いた場合のマスターレーザの入力光強度に対する S O A の増幅割合を示した図である。

【図 13】従来の S O A について、マスターレーザの光スペクトルと S O A の出射側光スペクトルとの関係を示した図である。

10

【図 14】非線形効果・熱効果に伴う波面収差について説明するための図である。

【図 15】波面補償を実現するための構成例について説明するための図である。

【図 16】シリンダーレンズを用いた倍率変換部の構成例 1 についての説明図である。

【図 17】シリンダーレンズを用いた倍率変換部の構成例 2 についての説明図である。

【図 18】シリンダーレンズを用いた倍率変換部の構成例 3 についての説明図である。

【図 19】トーリックレンズを用いた倍率変換部の構成例についての説明図である。

【図 20】従来の M O P A の構成を例示した図である。

【図 21】従来の M O P A における S O A 出射側ビームプロファイルの近視野像を示した図である。

【図 22】従来の M O P A における S O A の出力光の水平横方向における光強度分布と S O A の出射側導波路の断面構造との対応関係を示した図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本技術に係る実施の形態について説明する。

なお、説明は以下の順序で行う。

< 1 . 記録装置の全体構成 >

< 2 . M O P A の構成 >

< 3 . 単峰化について >

< 4 . ピーク位置の揺らぎについて >

< 5 . 波面補償について >

< 6 . まとめ >

< 7 . 変形例 >

30

【0020】

< 1 . 記録装置の全体構成 >

図 1 は、本技術に係る実施の形態としての記録装置（以下、記録装置 1 とする）の内部構成を示している。

図 1 において、実施の形態の記録装置 1 は、スピンドルモータ（S P M）2、対物レンズ 3、コリメーションレンズ 4、M O P A（Master Oscillator Power Amplifier）5、駆動部 6、記録処理部 7、及びコントローラ 8 を少なくとも備える。

40

【0021】

記録装置 1 は、図中の光ディスク D について少なくとも記録を行うことが可能に構成される。ここで、光ディスク D は、円盤状の光記録媒体である。光記録媒体とは、光の照射に応じて情報記録、及び記録情報の再生が行われる記録媒体を指す。

【0022】

光ディスク D は、記録装置 1 に装填されると、スピンドルモータ 2 により例えば線速度一定制御等の所定の回転制御方式に従って回転駆動される。

【0023】

このように回転駆動される光ディスク D に対して記録を行うための光学系及び光源とし

50

て、対物レンズ3、コリメーションレンズ4、及びMOPA5が少なくとも備えられる。

ここで、対物レンズ3とコリメーションレンズ4とを含む光学系は、光学ピックアップ内に搭載される。MOPA5については、上記光学ピックアップ内に搭載してもよいし、或いはMOPA5内の後述するSOA(Semiconductor Optical Amp)14のみを光学ピックアップ内に搭載するように構成することもできる。

【0024】

MOPA5は、駆動部6からの駆動信号に基づきレーザ光を発光する。MOPA5より出射されたレーザ光は、コリメーションレンズ4によってコリメートされ、対物レンズ3に導かれる。対物レンズ3は、このように導かれたレーザ光を光ディスクDの記録面に集光する。

10

【0025】

記録処理部7に対しては、記録データが入力される。

記録処理部7は、記録データに対して所定の記録変調符号化処理を施して、変調データを得る。

駆動部6は、記録処理部7が生成した変調データを入力し、当該変調データに従って生成した駆動信号により、MOPA5を駆動する。MOPA5の駆動信号としては、後述するMLLD(Mode Locked Laser Diode: モードロックレーザとも称する)15を発光させるための駆動信号と、SOA14に変調データ列に応じた光増幅変調を実行させるための駆動信号とをそれぞれ供給することになる。

【0026】

20

コントローラ8は、例えばCPU(Central Processing Unit)、ROM(Read Only Memory)、RAM(Random Access Memory)等を備えたマイクロコンピュータで構成され、記録装置1の全体制御を行う。

例えば記録処理部7に対する記録開始の指示を行ったり、スピンドルモータ2の回転開始/停止/加速/減速等の指示を行う。また、駆動部6に対する制御も可能とされる。

【0027】

< 2. MOPAの構成 >

図2は、実施の形態の記録装置1が備えるMOPA5の内部構成について説明するための図である。

30

なお、この図2においては上視図によりMOPA5の内部構成を表している。すなわち、ストライプ方向の断面の様子を示すものである。

また図2では、図1に示したコリメーションレンズ4も併せて示している。

【0028】

図示するようにMOPA5には、MLLD部10、コリメーションレンズ11、アナモプリズム(アナモルフィックプリズム)12、集光レンズ13、及びSOA14が設けられる。

【0029】

MLLD部10は、半導体レーザとしてのMLLD15と、集光レンズ16、バンドパスフィルタ(BPF)17、及び共振用ミラー18を具備した外部共振器とを有して成る。

40

図示するように集光レンズ16によっては、MLLD15からの出射光が、共振用ミラー18の反射面に集光するようにされている。

本例の場合、MLLD15の出射光の波長 = 403 nm程度とされる。

【0030】

MLLD部10からの出射光は共振用ミラー18を透過して得られ、当該出射光は、発散光の状態でコリメーションレンズ11に入射してコリメートされる。

【0031】

コリメーションレンズ11によりコリメートされたMLLD部10からの出射光は、アナモプリズム12を介した後、集光レンズ13によりSOA14の入射端(入射口)に集

50

光される。

なお、アナモプリズム 12 については後に改めて説明を行う。

【0032】

SOA14は、図1に示した駆動部6からの駆動信号に基づき、集光レンズ13を介して入射したレーザ光を増幅・変調して出力する。

本例の場合、SOA14としてはGaN (Gallium Nitride : 窒化ガリウム) 系のSOAが用いられ、出射光の波長 (MLLD入射光との結合なしの単体出射の場合) は402nm程度とされる。

また本例の場合、MLLD部10からの入射光との結合後におけるSOA14の出力光のピークパワーは100W程度とされる。

10

【0033】

図示するようにSOA14からの出射光が、MOPA5の出射光としてコリメーションレンズ4に入力されるものとなる。

【0034】

< 3 . 単峰化について >

図3は、従来のMOPAにおけるSOA107の各部の寸法 (図3A) と、その寸法に応じたSOA107の導波路の基本モード (図3B) との関係を示している。

なお、図3Aでは先の図2と同様にSOA107を上視図により示している。また図3Bに示す基本モードのシミュレーションは、等価屈折率法により行った。

20

【0035】

図3Aに示すように、従来のSOA107は、その導波路長 (光の進行方向の長さ) = 2mm、入射側ストライプ幅 (入射側水平横方向幅) = 1.5 μm 、出射側ストライプ幅 = 15 μm とされる。

図のように導波路は、テーパ状に形成されており、具体的にこの場合はSOA107端面に対して5°の傾きを有するように形成されている。

ここで、導波路の有効屈折率 (等価屈折率) は2.518、屈折率差は0.01である。

【0036】

このように導波路寸法が設定された従来のSOA107では、図3Bに示すように、その水平横方向の基本モードはわずかに導波路から染み出していることになる。

30

【0037】

図4は、外部からの光の入力がない場合、すなわちマスターレーザとしてのMLLD部10との光結合を行っていない状態でのSOA107の出射側の横方向ビームプロファイルを示している。換言すれば、SOA107を単体で発光させた際のその出力光についての横方向ビームプロファイルである。

この図4を参照して明らかなように、従来のSOA107では、水平横モードが単峰ではなく3つ山となる。

【0038】

この図4の結果と、先の図3Bのシミュレーション結果とを考慮すれば、従来のSOA107で出射側光強度分布が単峰特性とならないのは、基本モードの染み出しが起因しているということが分かる。

40

このことより、単峰化を図るためには、SOAの入射側導波路で規定される基本モードの光閉じ込めを大きくすればよいということが分かる。つまりは、SOAの入射側導波路の横方向幅を拡大すればよい。

【0039】

図5Aは、入射側導波路の横方向幅を拡大した実施の形態のSOA14の各部の寸法を示している。

この図5Aに示すように、本例においては、SOA14の入射側導波路の横方向幅は、従来のSOA107の場合の1.5 μm に対して9.0 μm に拡大するものとしている。

50

なお、導波路長(=2mm)や出射側導波路の水平横方向幅(=15μm)、及びテーパ角度についてはSOA107と同様である。

この場合、導波路の有効屈折率(等価屈折率)は2.5199となり、また屈折率差は0.01である。

【0040】

図5Bは、図5Aに示す本例のSOA14における導波路の基本モードを示している。なお、この場合もシミュレーションは等価屈折率法により行った。

この図5Bの結果より、水平横モードの導波路への染み出しが十分に抑えられていることが確認できる。

【0041】

図6は、マスターレーザ(MLLD部10)との光結合を行っていない状態における、本例のSOA14の出射側横方向ビームプロファイルを示している。

この図6を参照して明らかなように、入射側導波路幅を従来よりも広げた本例のSOA14によれば、SOA14単体発光時におけるその出射光の横方向光強度分布を単峰化することができる。

【0042】

ところで、水平横方向の光閉じ込めには、導波路内外の屈折率差が関与するものとなるが、この屈折率差の作りこみは、リッジ外部のエッチング深さ、正確には、活性層から絶縁膜までの半導体層の「残り厚」で制御されるものである。

【0043】

図7は、図3Aに示した従来のSOA107の入射側端面のSEM像(図7A)と、図5Aに示した本例のSOA14の入射側端面のSEM像(図7B)とを対比して示している。また、図8には参考して、これらSEM像の模式図を示している。

これら図7及び図8を参照すると、上記「残り厚」としては共に50nm程度であることから、両者で大きく屈折率差が変わっていないことが分かる。従って、単峰化には入射側導波路幅が起因であると判断できる。

【0044】

図9は、本例のSOA14の導波路における全導波モードを示す。なお、図示の都合から、図中では基本モード~4次モードと、5次モード~10次モードとを分けて示している。

この図9を参照して明らかなように、本例のSOA14では、従来よりも入射側導波路幅を広げたことでマルチモード化していることが分かる。

【0045】

従ってこのことより、本例のSOA14については、マスターレーザとしてのMLLD部10からの光を入力した場合において、光結合が得られたとしても、基本モード以外のモード、すなわち高次モードと結合してしまうことになる。

【0046】

図10は、SOA入射端幅のみを変更した際のSOA出射側の近視野像(マスターレーザとの光結合後)を示している。具体的には、先の図20に示した従来のMOPAの構成において、単にSOA107に代えて本例のSOA14を配置した場合における出射側近視野像を示しているものである。

この図10より、単にSOA入射端幅を拡大したのみでは、高次モードで結合されてしまうことが分かる。これは、外部から入力される光ビームのサイズとSOA14の入射側導波路の基本モードサイズとが不一致のため、先の[式1]で示されるように高次モード(2次モードが支配的)の内積が大きくなることによる。

【0047】

そこで、本実施の形態では、MLLD部10からの出射光を倍率変換してSOA14に入射するように、MOPA5を構成する。

具体的に本例においては、図2に示すアナモプリズム12を挿入することで、MLLD部10からの出射光を倍率変換してSOA14に入射するようにしている。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 8 】

ここで、本例の場合、S O A 1 4 の入射側導波路幅は従来の 1 . 5 μ m から 9 . 0 μ m に拡大したので、倍率は 6 倍に設定する。

このとき注意すべきは、このようなアナモプリズム 1 2 による倍率変換は、横方向（ストライプ方向）において行われるべきものであり、縦方向（ジャンクション方向）については行う必要性がないという点である。これは、図 2（上視図）において示したアナモプリズム 1 2 の配置を参照しても明らかである。

【 0 0 4 9 】

このような倍率変換を行うことで、マスターレーザとしての M L L D 部 1 0 からの入射光が、S O A 1 4 の基本モードを選択励起するようにできる。

10

【 0 0 5 0 】

図 1 1 は、倍率変換を行った場合における S O A 1 4 の出射側近視像のビームプロファイルを示している。なお、図 1 1 A が横方向プロファイルを示し、図 1 1 B は参考として縦方向プロファイルを示している。実線が実際のプロファイル、破線はガウシアンフィッティングである。

この図 1 1 の結果より、上記の倍率変換によって S O A 1 4 の基本モードが選択的に励起されていることが理解できる。

【 0 0 5 1 】

このように、S O A 1 4 の基本モードが選択的に励起されることで、M L L D 部 1 0 からの入射光を結合して得られる S O A 1 4 の出力光（すなわち M O P A 5 全体としての出力光）についても、その光強度分布が単峰化されるものとなる。

20

【 0 0 5 2 】

< 4 . ピーク位置の揺らぎについて >

ここで、上記のように S O A 1 4 の入射側導波路幅を拡大し、これと共にマスターレーザからの入射光の倍率を変換した本実施の形態によれば、S O A 出射側近視野像の揺らぎも抑えることができる。

この揺らぎの抑制については、その作用の直接的な図示は困難であるが、以下のように説明することができる。

【 0 0 5 3 】

30

図 1 2 は、先の図 3 A に示した従来の S O A 1 0 7 を用いた場合のマスターレーザの入力光強度に対する S O A 1 0 7 の増幅割合を示している。具体的には、入射平均光量（横軸）に対するパルス割合（図中 ）及び S O A 平均光出力（図中 ）を示している。

この図 1 2 を参照すると、図 3 A に示した従来の S O A 1 0 7 の導波路寸法では、増幅率の飽和、いわゆる利得飽和が起きていることが確認できる。

【 0 0 5 4 】

一方、図 1 3 は、マスターレーザの光スペクトル（図 1 3 A ）と S O A 1 0 7 の出射側光スペクトル（図 1 3 B ）との関係を示している。

この図 1 3 より、ピーク波長の長波長化と、線幅の増大を読み取ることができる。これは、いわゆる自己位相変調という非線形光学効果が表れているものである（齋藤富士郎著「超高速光デバイス」共立出版を参照）。

40

【 0 0 5 5 】

ここで、図 5 A に示した本例の S O A 1 4 のように入射側導波路の幅を大きくし、且つ、倍率変換部を設けてマスターレーザからの入射光の倍率を拡大する（言い換えるとマスターレーザからの入力光のスポットサイズを大きくする）ことによると、S O A 1 4 への入力光密度の低減が図られることになる。

このことで、S O A 1 4 の導波路内の光密度が下げられるものとなり、非線形光学効果が低減され、その結果、ビームのピーク位置の安定性が向上することになる。

【 0 0 5 6 】

< 5 . 波面補償について >

50

ここで、本例においては、S O A 1 4 の出力光ピークパワー = 1 0 0 W と比較的高いピーク光強度まで増幅を行うものとしている。

このような場合には、S O A 1 4 において、前述の非線形光学効果や、熱的な屈折率の変調（いわゆる熱レンズ効果、以下単に熱効果とも表記）によって、S O A 1 4 の出力光に波面収差が生じ易い傾向となる。

【 0 0 5 7 】

上記により説明した本実施の形態としての M O P A 5 の構成によれば、このような非線形効果や熱効果に伴う波面収差が生じるような場合にも、これらの補正を容易に行うことができる。この点について、図 1 4、及び図 1 5 を参照して説明する。

10

【 0 0 5 8 】

図 1 4 は、非線形効果・熱効果に伴う波面収差について説明するための図である。図 1 4 A は波面収差が無い状態、図 1 4 B が波面収差が生じた場合について示している。

従来の S O A 1 0 7 においては、入力端のストライプ幅で決まる基本モードが選択されるように光学系が設計される。この基本モードは、理想的には等位相で伝搬されるべきものであるが（図 1 4 A）、図 1 4 B に示すように伝搬途中に非線形効果や熱効果による収束効果がある場合には、上記のように基本モードを選択する従来の場合には、その補正は非常に困難となる。

【 0 0 5 9 】

一方、本実施の形態のように入射側導波路幅を拡大する構成を採る場合には、S O A 1 4 の前段の光学系の構成により、収束効果をキャンセルすることが可能となる。

20

図 1 5 は、波面補償を実現するための構成例について説明するための図であり、図 1 5 A は横視図（ジャンクション方向）、図 1 5 B は上視図（ストライプ方向）である。

例えばこの図 1 5 に示すように集光レンズ 1 3 と S O A 1 4 との間にシリンダーレンズ 1 9 を挿入することで、S O A 1 4 への入射光に非点収差を与えることができる。すなわち、ストライプ方向について意図的に集光点のズレを生じさせることができる。これにより、S O A 1 4 内での非線形効果や熱効果による収束があった場合にその波面の補償を行うことができ、結果、M O P A 5 の出力ビーム波面を所望のものとすることができる。

なお、シリンダーレンズ 1 9 の代わりにホログラム素子等を使用しても同様の効果を得ることは可能である。

30

【 0 0 6 0 】

このようにして、従来の M O P A のように入射端を基本モードサイズに限定しないことで、M O P A 出力光の波面の制御を行うことが可能となり、つまりは波面補償を実現することができる。

【 0 0 6 1 】

なお、同様のことは、集光レンズ 1 3 に入射するレーザ光を平行光の状態からわずかに発散光の状態にずらすことでも実現が可能である。

【 0 0 6 2 】

また非点収差に限らずホログラム素子や任意の非球面形状の光学素子による任意の波面を発生する素子を S O A 1 4 の入射側に挿入することにより、任意の補償が可能となる。

40

【 0 0 6 3 】

或いは、S O A 1 4 内の導波路形状をテーパ角や曲線状、又はレンズ形状にし、さらにそれに応じてマスターレーザ側からの入射光の波面をアナモプリズム 1 2 やレンズの組み合わせで補償を行い、その結果、M O P A 5 の出力ビームの波面を所望のものとすることも可能である。

【 0 0 6 4 】

< 6 . まとめ >

上記のように本実施の形態では、S O A 1 4 の入射側導波路の横方向幅を、当該 S O A 1 4 の入射側導波路の水平横モードがマルチモードとなるように拡大するものとしている

50

。このことで、S O A 1 4 の入射側導波路幅で規定される基本モードの光閉じ込めをより大とすることができ、S O A 1 4 の単体発光時での出力光強度分布を単峰化することができる。

その上で本実施の形態では、アナモプリズム 1 2 としての倍率変換部を設けることにより、S O A 1 4 の入射側光結合において基本モードが選択励起されるようにしている。これにより、最終的な M O P A 5 の出力光 (M L L D 部 1 0 との光結合後の S O A 1 4 の出射光) について、その光強度分布が単峰特性となるようにすることができる。

【 0 0 6 5 】

また、上記のように M L L D 部 1 0 からの入射光の倍率を変換するということは、当該入射光のスポットサイズを拡大しているということになるが、このことによると、S O A 1 4 の導波路における光密度が低減されることとなり、この結果、S O A 1 4 の非線形光学効果 (自己位相変調) に起因して生じるものとされる出射ビームのピークの揺らぎの抑制も図られる。

【 0 0 6 6 】

このように本実施の形態によれば、M O P A としての光源装置に関して、その出射ビームを単峰化し且つそのピーク位置の変動を抑制することができる。この結果、光学装置、特に光記録を行う記録装置として良好且つ安定な性能を得ることができる。

【 0 0 6 7 】

また、従来のように S O A 1 4 の入射端を基本モードサイズに限定しない本実施の形態によれば、S O A 1 4 の熱レンズ効果等により生じる M O P A 5 の出射光波面制御を容易に行うことが可能となり、結果、波面補償をより適切に行うことができる。

【 0 0 6 8 】

なお、出射ビーム強度分布が単峰とならない問題やピーク位置の揺らぎの問題は、少なくとも、M O P A の出射レーザパワー = 5 0 W 以上、繰り返し周波数 = 数百 MHz 以上かつパルス幅 = 数十ピコ秒以下、レーザ波長 = 5 5 0 nm 以下の条件において顕著となることが確認されている。従って本技術は、かかる条件に合致するシステムにおいて特に好適なものとなる。

【 0 0 6 9 】

< 7 . 変形例 >

以上、本技術に係る実施の形態について説明したが、本技術はこれまでに説明した具体例に限定されるべきものではない。

例えばこれまでの説明では、S O A 1 4 の入射側導波路幅を 9 μ m に設定する例を挙げたが、これはあくまで一例を示したものに過ぎず、S O A 1 4 の入射側導波路幅は当該入射側導波路の水平横モードがマルチモード化される範囲内において適宜、設計できるものである。同様に、マスターレーザ (M L L D 部 1 0) からの入射ビームサイズ変換の倍率は、マスターレーザのビームサイズと、S O A 1 4 の入射側導波路幅で規定される基本モードのビームサイズとから適宜選択されるべきものである。

【 0 0 7 0 】

また、M O P A の内部構成 (光学系) についても、例示したものに限定されるべきものではなく、例えば偏光方向の調整のため 1 / 2 波長板を追加する等、実際の実施形態に応じて適宜最適とされる構成が採られればよい。

また、例示したパルスレーザの波長についても一例を示したものに過ぎず、これに限定されるべきものではない。

【 0 0 7 1 】

また倍率変換については、アナモプリズム 1 2 以外にも、シリンダーレンズ、或いはトーリックレンズ等を用いることもできる。

以下では一例として、これらシリンダーレンズ、トーリックレンズを用いた場合の倍率変換部の構成例について、図 1 6 ~ 図 1 9 を参照して説明する。

【 0 0 7 2 】

図 1 6 ~ 図 1 8 は、シリンダーレンズを用いた構成例である。図 1 6 は構成例 1、図 1 7 は構成例 2、図 1 8 は構成例 3 である。なおこれら図 1 6 ~ 図 1 8、及び図 1 9 において、A 図は上視図（ストライプ方向）、B 図は横視図（ジャンクション方向）である。

【 0 0 7 3 】

まず、図 1 6 に示す構成例 1 においては、コリメーションレンズ 1 1 と集光レンズ 1 3 との間にシリンダーレンズ 2 0 とシリンダーレンズ 2 1 と有して成る倍率変換部を挿入している。

図のようにコリメーションレンズ 1 1 寄りに配置されるシリンダーレンズ 2 0 の焦点距離を $f \times 1$ 、集光レンズ 1 3 寄りに配置されるシリンダーレンズ 2 1 の焦点距離を $f \times 2$ とすると、この場合の倍率変換部で設定される横方向の倍率 m は「 $m = f \times 1 / f \times 2$ 」となる。

10

【 0 0 7 4 】

続いて、図 1 7 に示す構成例 2 においては、コリメーションレンズ 1 1 と集光レンズ 1 3 との間にシリンダーレンズ 2 0（凸レンズ）とシリンダーレンズ 2 1（凹レンズ）と有して成る倍率変換部を挿入している。

図示するようにコリメーションレンズ 1 1 寄りに配置されるシリンダーレンズ 2 0 の焦点距離を $f \times 1$ 、集光レンズ 1 3 寄りに配置されるシリンダーレンズ 2 2 の焦点距離を $f \times 2$ とすると、当該構成例 2 の倍率変換部で設定される横方向の倍率 m は「 $m = f \times 1 / (-f \times 2)$ 」となる。

20

【 0 0 7 5 】

また、図 1 8 に示す構成例 3 は、集光レンズ 1 3 を省略した構成である。

この構成例 3 では、コリメーションレンズ 1 1 と S O A 1 4 との間にシリンダーレンズ 2 0、及びシリンダーレンズ 2 3 を配置している。このとき、コリメーションレンズ 1 1 寄りに配置されるシリンダーレンズ 2 0 としては図 1 6 や図 1 7 の場合と同様にストライプ方向に対してのみ凸レンズとして機能するように配置され、S O A 1 4 寄りに配置されるシリンダーレンズ 2 3 は逆にジャンクション方向においてのみ凸レンズとして機能するように配置されている。

図のようにシリンダーレンズ 2 0 の焦点距離を $f x$ 、シリンダーレンズ 2 3 の焦点距離を $f y$ とすると、この場合の倍率変換部による倍率 m は「 $m = f x / f y$ 」と表記できる。つまり、縦方向の倍率は従来と同様に「1」であり、このため倍率変換部による倍率 m は「 $f x / f y$ 」となる。

30

【 0 0 7 6 】

図 1 9 は、トーリックレンズを用いた構成例である。

この場合、図 1 8 と同様に集光レンズ 1 3 は省略される。またこの場合、コリメーションレンズ 1 1 寄りとなる位置には、図 1 8 の場合と同様のシリンダーレンズ 2 3（ジャンクション方向においてのみ凸レンズとして機能）が設けられる。その上で、S O A 1 4 寄りとなる位置に対して、トーリックレンズ 2 4 が設けられる。

ここで、シリンダーレンズ 2 3 のジャンクション方向での焦点距離を $f y 1$ 、トーリックレンズ 2 4 のストライプ方向での焦点距離を $f x 2$ 、ジャンクション方向での焦点距離を $f y 2$ とおく。このとき、 $f y 1$ と $f y 2$ の合成焦点距離を $f y$ とすると、この場合における倍率 m は、図のように「 $m = f x 2 / f y$ 」となる。

40

【 0 0 7 7 】

また、これまでの説明では、本技術が光記録媒体の記録システム（光記録システム）に適用される場合を例示したが、本技術の適用は光記録システムに限定されるべきものではない。

例えばバイオイメージングの分野では、パルスレーザを光源に用いる光学顕微鏡システムが存在する。本技術は、例えばこのような光学顕微鏡システムなどの他の光学システムに対しても好適に適用できる。光学顕微鏡システムの場合、S O A 出射光の複数ピーク化やピーク位置の変動に伴い光記録システムの場合と同様に光学性能の悪化を来すため、その改善にあたり本技術の適用が有効となる。

50

【 0 0 7 8 】

また、本技術は、以下の(1)～(4)に示す構成とすることも可能である。

(1)

外部共振器を含むモードロックレーザ部と当該モードロックレーザ部から出射されるレーザ光を増幅変調する半導体光増幅器とを有して構成されるMOPA (Master Oscillator Power Amplifier) による光源装置であって、

上記半導体光増幅器の入射側導波路の横方向幅が、当該半導体光増幅器の入射側導波路の水平横モードがマルチモードとなるように設定されていると共に、

上記半導体光増幅器の入射側光結合において基本モードが選択励起されるように、上記モードロックレーザ部から上記半導体光増幅器への入射光についての倍率変換を行う倍率変換部を備える

10

光源装置。

(2)

上記倍率変換部は、

アナモルフィックプリズム、シリンドリカルレンズ、トーリックレンズの何れかを有して上記倍率変換を行うように構成されている

上記(1)に記載の光源装置。

(3)

上記半導体光増幅器の出力光の波面を補償するための収差を上記モードロックレーザ部から上記半導体光増幅器への入射光に与えるように構成されている

20

上記(1)又は(2)に記載の光源装置。

(4)

上記半導体光増幅器がGaN系半導体光増幅器とされる上記(1)～(3)に記載の光源装置。

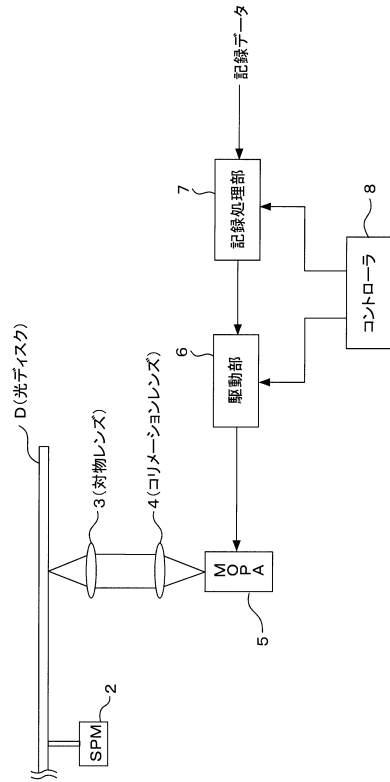
【符号の説明】

【 0 0 7 9 】

1 記録装置、2 スピンドルモータ (SPM)、3 対物レンズ、4, 11 コリメーションレンズ、5 MOPA、6 駆動部、7 記録処理部、8 コントローラ、10 MLLD部、12 アナモプリズム、13, 16 集光レンズ、14 SOA (半導体光増幅器)、15 MLLD、17 バンドパスフィルタ (BPF)、18 共振用ミラー、19, 20, 21, 22, 23 シリンダーレンズ、24 トーリックレンズ

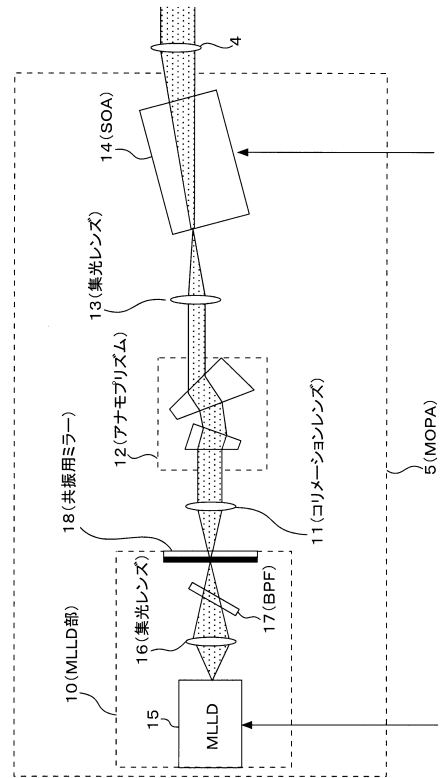
30

【図 1】

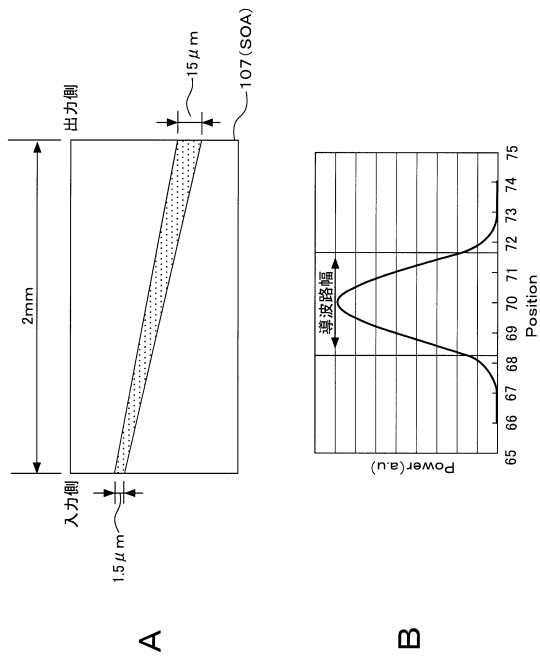


1 (記録装置)

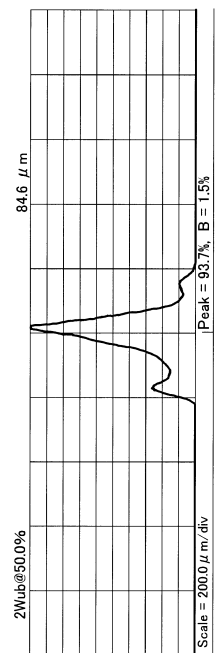
【図 2】



【図 3】

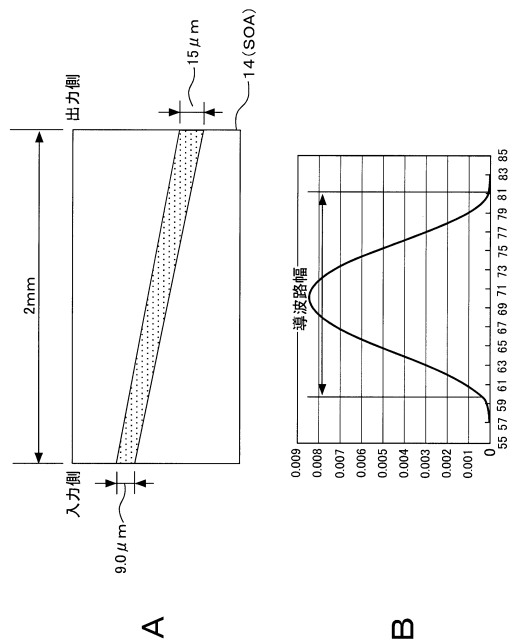


【図 4】

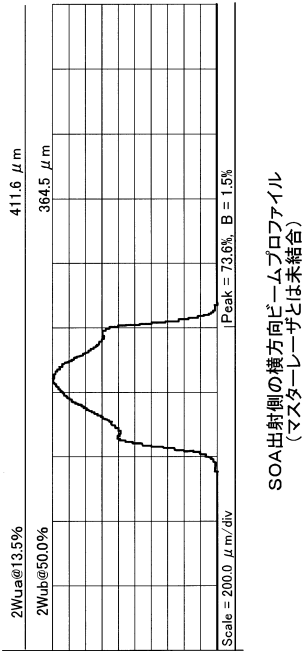


SOA出射側の横方向ビームプロファイル
(マスターレーザとは未結合)

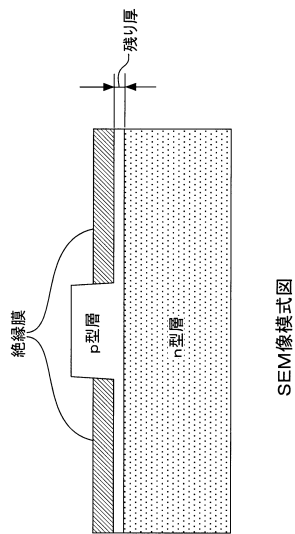
【 図 5 】



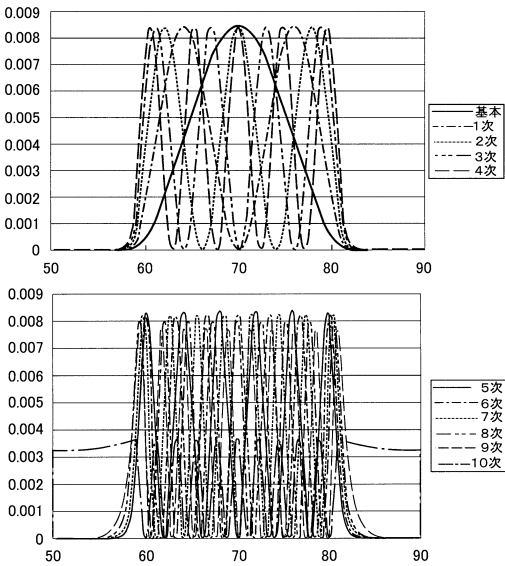
【 図 6 】



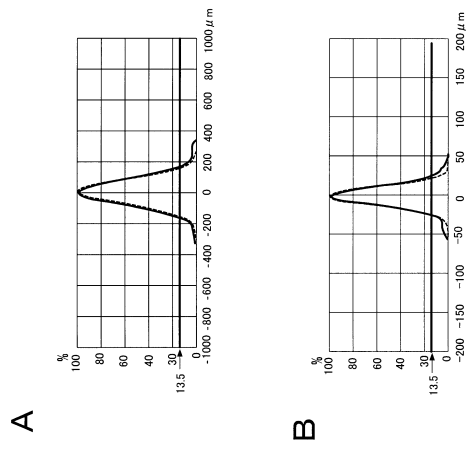
【 図 8 】



【 図 9 】

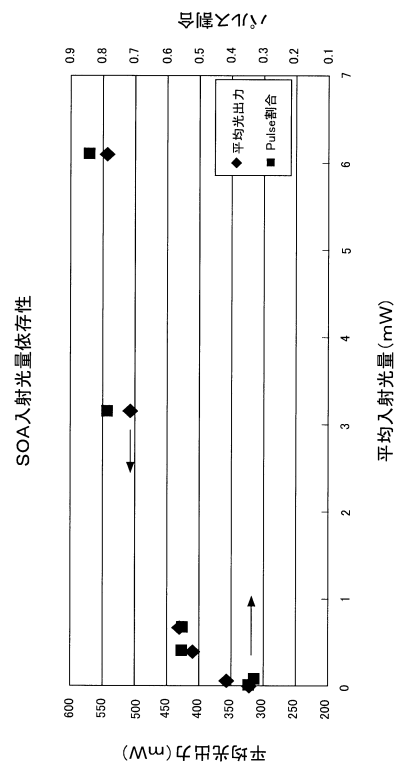


【図 1 1】

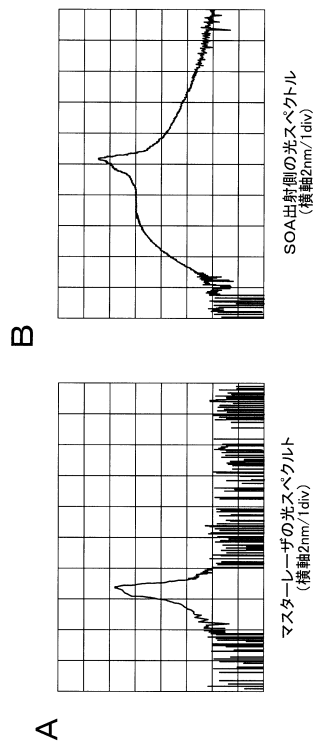


SOA出射側近視野像プロファイル

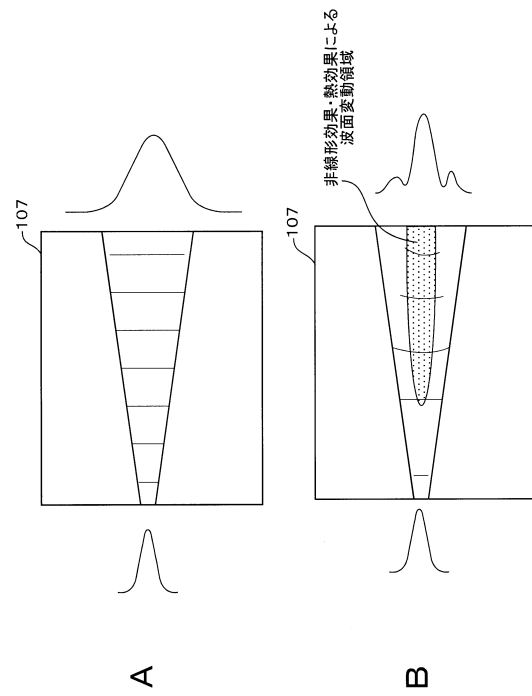
【図 1 2】



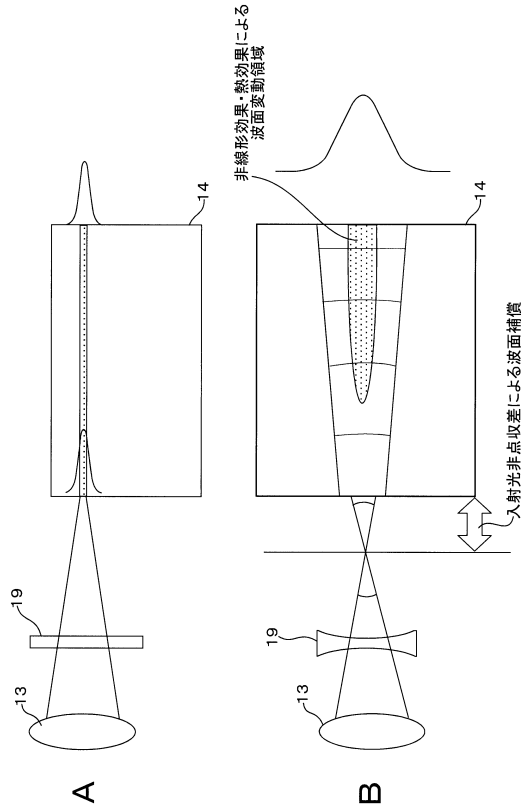
【図 1 3】



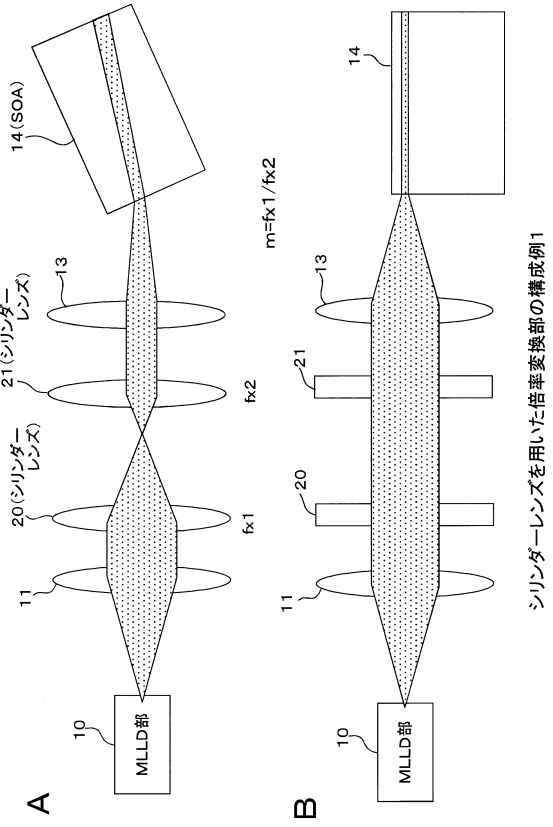
【図 1 4】



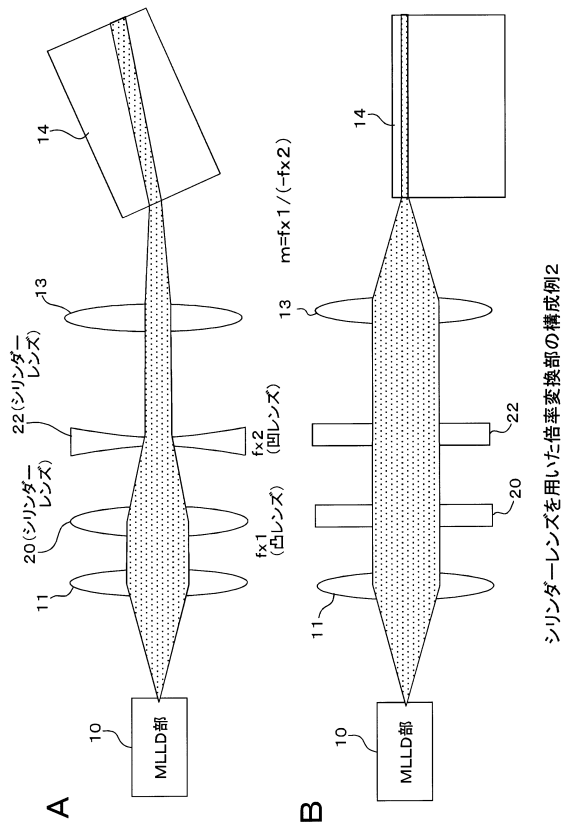
【図 15】



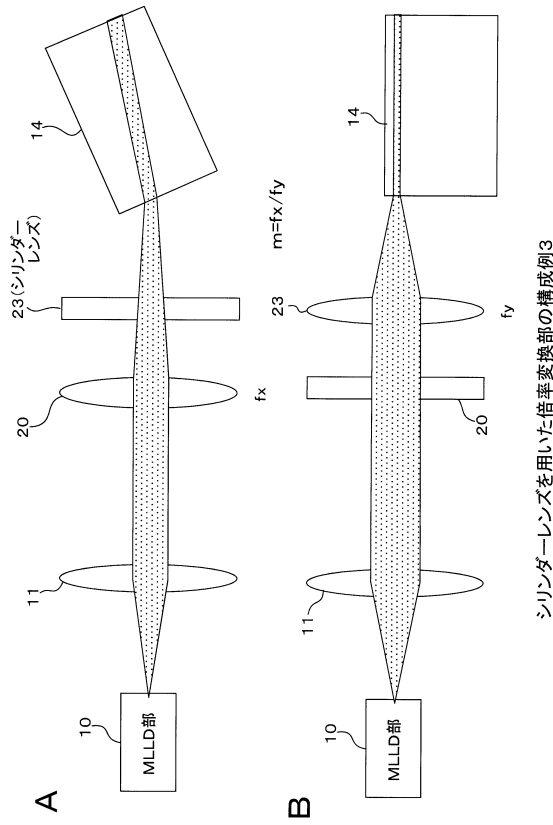
【図 16】



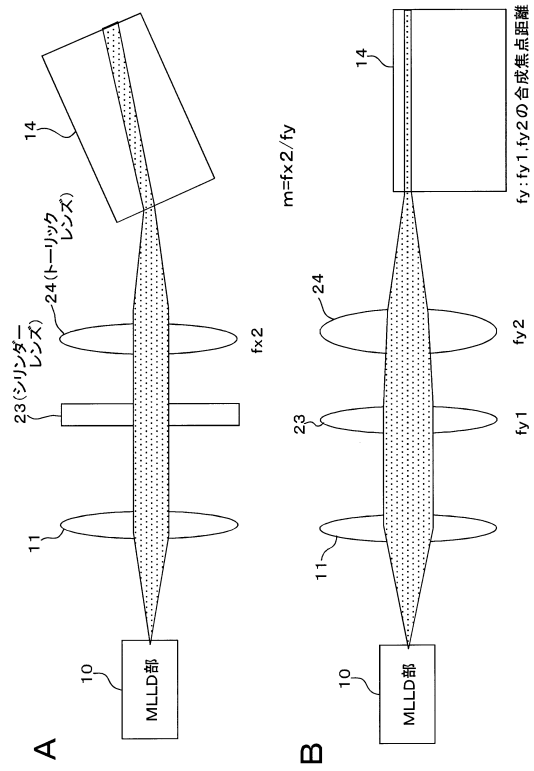
【図 17】



【図 18】

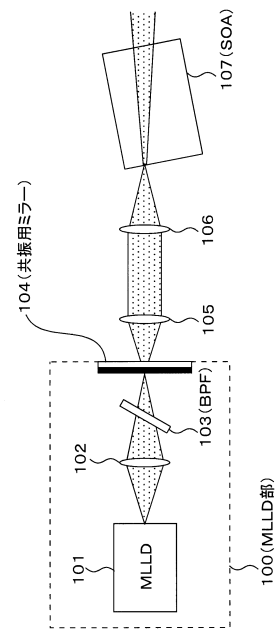


【図19】

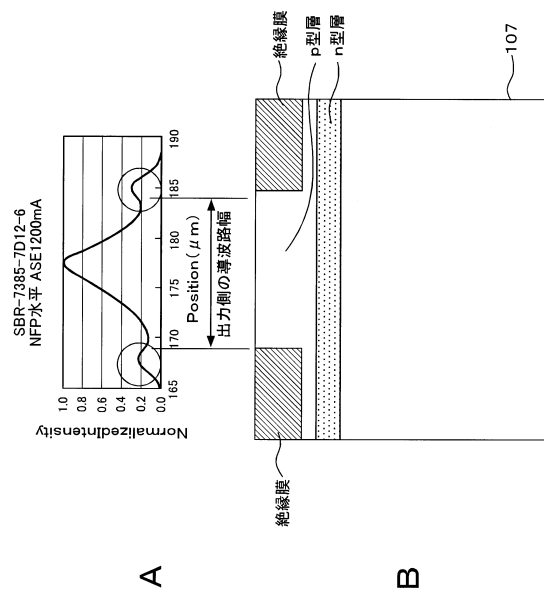


トーリックレンズを用いた倍率変換部の構成例 (f_{x2} と f_{y2} が異なる)

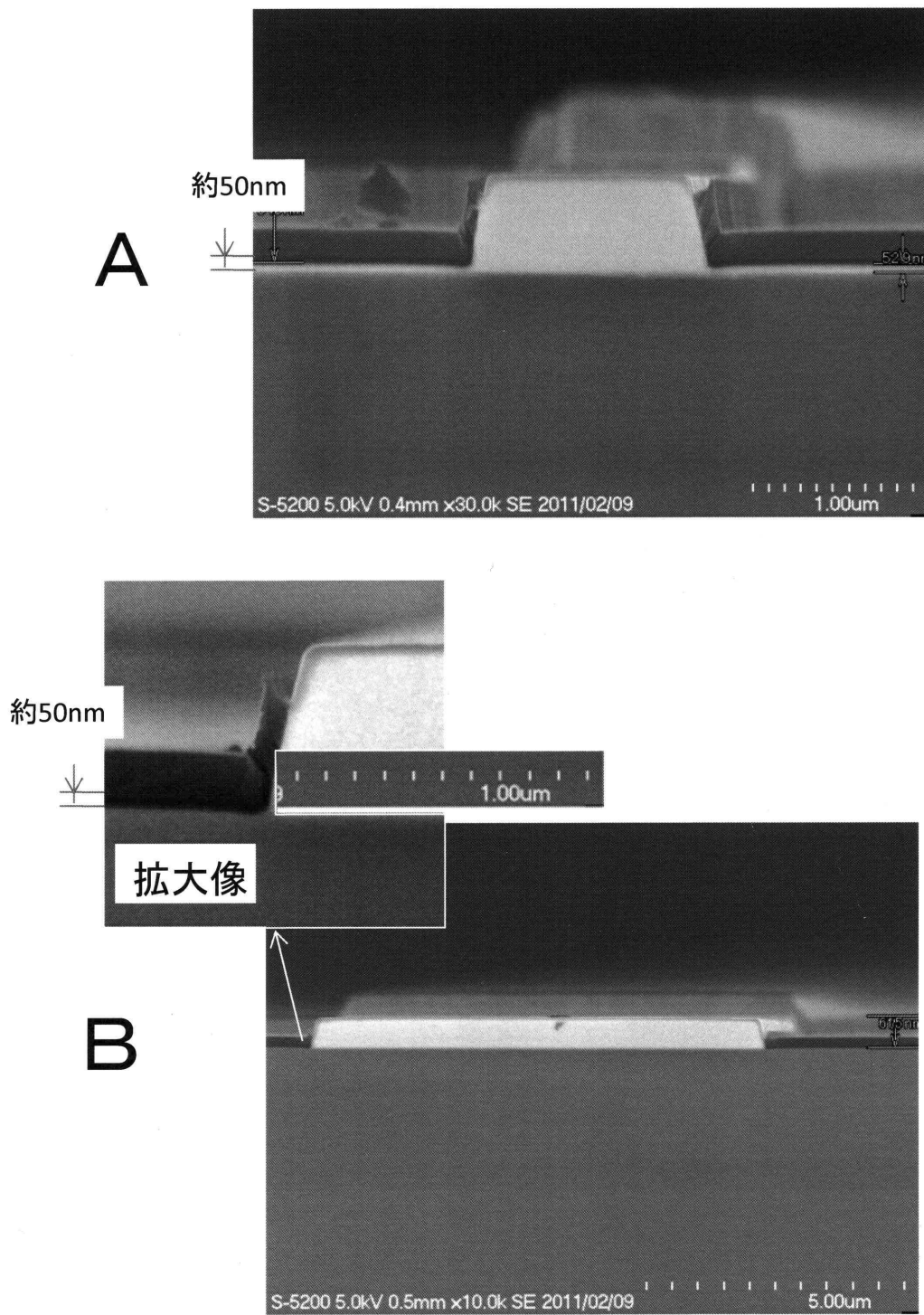
【図20】



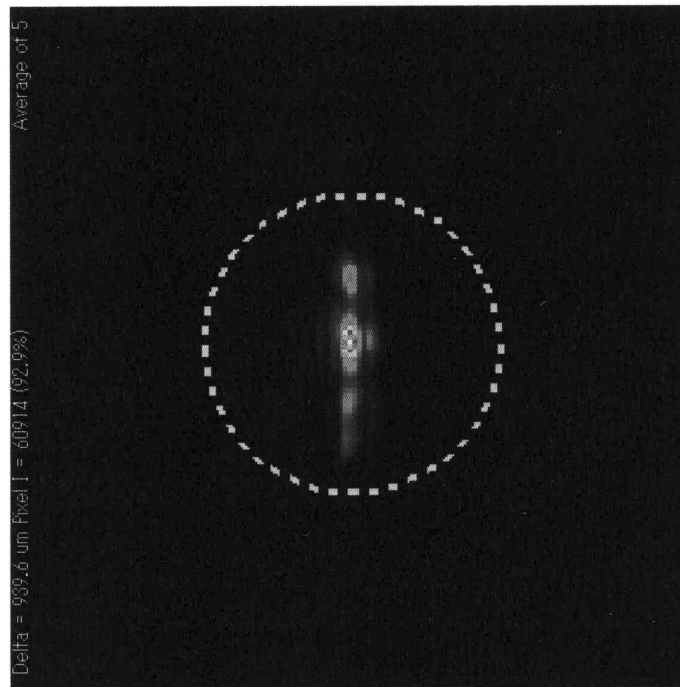
【図22】



【図7】

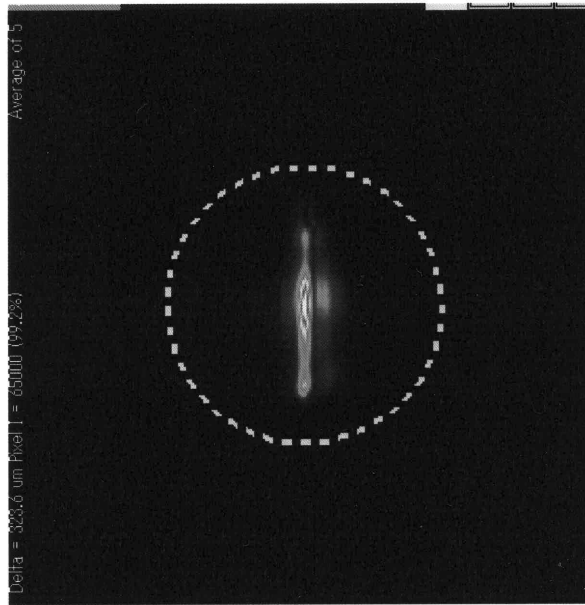


【図 10】



SOA入射端幅のみを変更した際のSOA出射側の近視野像
(ピーク光出力=100W)

【図 21】



SOA出射側近視野像
(ピーク光出力=100W)

フロントページの続き

- (72)発明者 吉田 浩
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
- (72)発明者 田中 健二
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

審査官 百瀬 正之

- (56)参考文献 特開2003-258368(JP,A)
特開平02-148874(JP,A)
特開2009-049310(JP,A)
国際公開第2006/016410(WO,A1)
特開2008-258531(JP,A)
Shiori Tashiro, Yoshihiro Takemoto, Hisayuki Yamatsu et al., Volumetric Optical Recording Using a 400nm All-Semiconductor Picosecond Laser, Applied Physics Express, 日本, The Japan Society of Applied Physics, 2010年 9月, 3, pp.102501-1-pp.102501-3
D.Mehuys, L.Goldberg, and D.F.Welch, 2.5-W CW Near-Diffraction-Limited Tapered-Stripe Semiconductor Optical Amplifier, IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE, Vol.5, No.10, pp.1179-1182

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 5/00-5/50
G11B 7/125