

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4973005号  
(P4973005)

(45) 発行日 平成24年7月11日(2012.7.11)

(24) 登録日 平成24年4月20日(2012.4.20)

(51) Int.Cl.

F I

**H O I S 5/0683 (2006.01)**

H O I S 5/0683

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2006-144540 (P2006-144540)	(73) 特許権者	000005120
(22) 出願日	平成18年5月24日 (2006.5.24)		日立電線株式会社
(65) 公開番号	特開2007-317800 (P2007-317800A)		東京都千代田区外神田四丁目14番1号
(43) 公開日	平成19年12月6日 (2007.12.6)	(74) 代理人	100071526
審査請求日	平成20年7月18日 (2008.7.18)		弁理士 平田 忠雄
		(74) 代理人	100099597
			弁理士 角田 賢二
		(74) 代理人	100109276
			弁理士 岡本 芳明
		(74) 代理人	100119208
			弁理士 岩永 勇二
		(74) 代理人	100124235
			弁理士 中村 恵子
		(74) 代理人	100124246
			弁理士 遠藤 和光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ制御装置及びその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のレーザ素子と、  
前記複数のレーザ素子の光出力をモニタする光検出器と、  
データに基づいて前記レーザ素子毎に変調を行う変調回路と、  
前記複数のレーザ素子に個別にバイアス電流を付与する第1の駆動源と、  
前記変調回路に前記レーザ素子毎に付与する変調電流を生成する第2の駆動源と、  
前記バイアス電流及び前記変調電流に駆動電流変動分を試験電流として重畳して前記第1、第2の駆動源を制御し、前記試験電流の重畳に伴って生じる前記光出力の変動量及び前記バイアス電流自身の値に応じて前記バイアス電流を制御する制御部とを備え、  
前記制御部は、

[前記バイアス電流と前記変調電流が前記レーザ素子に対してAC結合されている場合]

前記バイアス電流に前記試験電流を重畳し、このときの平均光出力の変動量  $P_b$  を求め、

前記変調電流に前記試験電流を重畳し、このときの平均光出力の変動量  $P_m$  を求め、

前記  $P_b$  と前記  $P_m$  から、 $H_0 = P_b - P_m$  を求め、

[前記バイアス電流と前記変調電流が前記レーザ素子に対してDC結合されている場合]

前記バイアス電流に前記試験電流を重畳し、このときの平均光出力の変動量  $P_b$  を求め、

前記試験電流を  $I$  としたとき、前記バイアス電流に  $+ I$  を重畳し、同時に、前記変

10

20

調電流に  $-I$  を重畳し、このときの平均光出力の変動量  $H_0$  を求め、

前記変調電流に前記試験電流を重畳し、このときの平均光出力の変動量と前記  $H_0$  との差の半分である  $P_m$  を求め、

[レーザ素子の制御として]

前記バイアス電流を  $I_b$ 、前記試験電流を  $I$ 、微分効率が一定の領域における微分効率を  $\eta$  としたとき、平均光出力が所定の値に一定であるときに  $B = \eta(I_b + A)$  が成立する所定の定数  $A$ 、 $B$  を設定しておき、

前記  $P_b$ 、前記定数  $A$ 、前記試験電流  $I$  から、 $B' = P_b(I_b + A) / I$  を算出して求め、

前記  $P_m$  がほぼ零とみなすことができない場合、バイアス電流を所定量だけ減少させ、

前記  $H_0$  がほぼ零の場合、バイアス電流を所定量だけ増加させ、

前記定数  $B$  と前記  $B'$  を比較し、 $B' > B$  であればバイアス電流を小さくし、 $B > B'$  であればバイアス電流を大きくして、平均光出力が一定となるように制御する、

レーザ制御装置。

**【請求項 2】**

前記制御部は、前記試験電流の重畳に伴って生じる前記光出力の変動量及びバイアス電流に応じた各レーザ素子の平均光出力のモニタ値を上位装置に通知することを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ制御装置。

**【請求項 3】**

前記制御部は、前記試験電流による前記光出力の変動量に応じて、各レーザ素子の前記光出力の変調振幅が一定になるように前記変調電流の振幅を制御することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のレーザ制御装置。

**【請求項 4】**

前記制御部は、前記複数のレーザ素子を個別に時分割により制御することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のレーザ制御装置。

**【請求項 5】**

複数のレーザ素子の光出力を光検出器によりモニタし、前記モニタによる光出力及びデータに基づいて、バイアス電流及び変調電流からなる駆動電流により前記複数のレーザ素子を駆動するレーザ制御方法において、

駆動電流変動分を試験電流として前記駆動電流に重畳して前記複数のレーザ素子を個別に駆動し、

前記複数のレーザ素子の光出力を前記光検出器でモニタし、

各レーザ素子の平均光出力が一定になるように、前記試験電流による前記光出力の変動量及びバイアス電流に応じて前記バイアス電流を制御し、

[前記バイアス電流と前記変調電流が前記レーザ素子に対して AC 結合されている場合]

前記バイアス電流に前記試験電流を重畳し、このときの平均光出力の変動量  $P_b$  を求め、

前記変調電流に前記試験電流を重畳し、このときの平均光出力の変動量  $P_m$  を求め、

前記  $P_b$  と前記  $P_m$  から、 $H_0 = P_b - P_m$  を求め、

[前記バイアス電流と前記変調電流が前記レーザ素子に対して DC 結合されている場合]

前記バイアス電流に前記試験電流を重畳し、このときの平均光出力の変動量  $P_b$  を求め、

前記試験電流を  $I$  としたとき、前記バイアス電流に  $+I$  を重畳し、同時に、前記変調電流に  $-I$  を重畳し、このときの平均光出力の変動量  $H_0$  を求め、

前記変調電流に前記試験電流を重畳し、このときの平均光出力の変動量と前記  $H_0$  との差の半分である  $P_m$  を求め、

[レーザ素子の制御として]

前記バイアス電流を  $I_b$ 、前記試験電流を  $I$ 、微分効率が一定の領域における微分効率を  $\eta$  としたとき、平均光出力が所定の値に一定であるときに  $B = \eta(I_b + A)$  が成立

10

20

30

40

50

する所定の定数  $A$ 、 $B$  を設定しておき、

前記  $P_b$ 、前記定数  $A$ 、前記試験電流  $I$  から、 $B' = P_b (I_b + A) / I$  を算出して求め、

前記  $P_m$  がほぼ零とみなすことができない場合、バイアス電流を所定量だけ減少させ

前記  $H_0$  がほぼ零の場合、バイアス電流を所定量だけ増加させ、

前記定数  $B$  と前記  $B'$  を比較し、 $B' > B$  であればバイアス電流を小さくし、 $B > B'$  であればバイアス電流を大きくして、平均光出力が一定となるように制御する、レーザ制御方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数のレーザ素子の光出力を光検出器でモニタすると共に、前記モニタ結果に基づいて、複数のレーザ素子のそれぞれをバイアス電流及び変調電流からなる駆動電流により制御するレーザ制御装置及びその制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

光通信システムの光インターフェース等には、発光源としてレーザ素子、例えば、レーザダイオード (LD) が用いられている。光通信においては、伝送エラー等の発生を低減するため、発光源の光出力を安定化する必要がある。しかし、LD は、発光特性が周囲温度によって変動し易いことが知られている。そこで、一般には、LD の光出力をフォトダイオード (PD) により検出し、受光出力が一定になるように LD のバイアス電流を制御し、LD の光出力の安定化を図っている。

20

【0003】

しかし、伝送方式、用途等によっては、バイアス電流の制御のみでは LD の光出力を安定にできない場合がある。そこで、バイアス電流の調整に加え、変調電流振幅を調整できるようにした変調回路が知られている (例えば、特許文献 1 参照。 )。

【0004】

また、多チャンネルの光伝送に用いられる発光源には、複数の LD を集積化して構成されたレーザアレイ装置が用いられる。この場合、LD 毎に光出力を制御しようとする、回路構成が複雑になる。

30

【0005】

そこで、レーザアレイ装置における構成の簡略化を図ったものとして、例えば、特許文献 2 に示されるレーザアレイ装置がある。このレーザアレイ装置は、複数のレーザユニットの内の 1 つを基準レーザユニットと定め、この基準レーザユニットについてのみ駆動電流のフィードバック制御を行うようにし、他の半導体レーザユニットについては、基準半導体レーザユニットの駆動電流の制御に追従した制御を行うようにして、構成の簡略化を図っている。

【特許文献 1】特開平 6 - 85363 号公報 ([0008] ~ [0013])

40

【特許文献 2】特許第 3130571 号 ([0012] ~ [0019]、図 1)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、特許文献 2 の構成では、複数のレーザユニットの内、基準にしたレーザユニットの光出力のみをモニタして制御を行っているため、レーザユニット間で温度特性のばらつきが大きい場合、他のレーザユニットを正確に制御することが難しくなる。

【0007】

従って、本発明の目的は、複数のレーザ素子間の温度特性のばらつきや温度変化に応じて、複数のレーザ素子の個々の光出力を正確に制御することが可能なレーザ制御装置及び

50

その制御方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、上記目的を達成するため、複数のレーザ素子と、複数のレーザ素子の光出力をモニタする光検出器と、データに基づいて前記レーザ素子毎に変調を行う変調回路と、前記複数のレーザ素子に個別にバイアス電流を付与する第1の駆動源と、前記変調回路に前記レーザ素子毎に付与する変調電流を生成する第2の駆動源と、前記バイアス電流及び前記変調電流に駆動電流変動分を試験電流として重畳して前記第1、第2の駆動源を制御し、前記試験電流の重畳に伴って生じる前記光出力の変動量及び前記バイアス電流自身の値に応じて前記バイアス電流を制御する制御部とを備えることを特徴とするレーザ制御装置を提供する。

10

【0009】

また、本発明は、上記目的を達成するため、複数のレーザ素子の光出力を光検出器によりモニタし、前記モニタによる光出力及びデータに基づいて、バイアス電流及び変調電流からなる駆動電流により前記複数のレーザ素子を駆動するレーザ制御方法において、駆動電流変動分を試験電流として前記駆動電流に重畳して前記複数のレーザ素子を個別に駆動し、前記複数のレーザ素子の光出力を前記光検出器でモニタし、平均光出力が一定になるように、前記試験電流による前記光出力の変動量に応じて前記バイアス電流を制御することを特徴とするレーザ制御方法を提供する。

20

【発明の効果】

【0010】

本発明のレーザ制御装置及びその制御方法によれば、複数のレーザ素子間の温度特性のばらつきや温度変化に応じて、複数のレーザ素子の個々の光出力を正確に制御することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

[第1の実施の形態]

(レーザ制御装置の構成)

図1は、本発明の第1の実施の形態に係るレーザ制御装置を示す。このレーザ制御装置1は、一端が電源Vccに接続されたレーザ素子としての複数のLD11A~11Dからなる多チャンネル型の半導体レーザアレイ12と、LD11A~11Dの光出力を一括してモニタする光検出器としてのPD(フォトダイオード)13と、LD11A~11Dの低電位端とグランド間に接続された第1の電流源(第1の駆動源)14A~14Dと、第1の電流源14A~14DとLD11A~11Dの間の各ライン内に設けられた結合器15A~15Dと、データD1~D4により変調を行って変調出力を結合器15A~15Dへ印加する変調器16A~16Dと、変調器16A~16Dとグランド間に接続された第2の電流源(第2の駆動源)17A~17Dと、PD13の他端(低電位端)とグランド間に接続された抵抗18と、抵抗18に並列接続されたコンデンサ19と、コンデンサ19の高電位端に接続されたコンデンサ20と、コンデンサ20からの信号を増幅する増幅器21と、増幅器21からのアナログ信号をデジタル信号に変換するA/D(アナログ/デジタル)変換器22と、A/D変換器22からの出力信号に基づいて動作する制御部としてのMPU(Micro Processor Unit)23と、MPU23から出力されるデジタル信号をアナログ信号に変換して第1の電流源14A~14Dへ出力する第1のD/A(デジタル/アナログ)変換器24A~24Dと、MPU23から出力されるデジタル信号をアナログ信号に変換して第2の電流源17A~17Dへ出力する第2のD/A変換器25A~25Dとを備えて構成されている。

30

40

【0012】

PD13は、LD11A~11Dのいずれかに光出力が有るときに、出力電流を生じ、抵抗18に受光量に応じた電圧降下を生じさせるように接続されている。

【0013】

50

結合器 15 A ~ 15 D は、第 1 の電流源 14 A ~ 14 D によって流されるバイアス電流  $I_{b1} \sim I_{b4}$  と変調器 16 A ~ 16 D を流れる変調電流  $I_{m1} \sim I_{m4}$  を AC (交流) 結合または DC (直流結合) により重畳する回路構成を有する。

【0014】

変調器 16 A ~ 16 D は、変調回路 30 を構成しており、それぞれは、例えば、NPN トランジスタからなり、それぞれはベースに入力されたデータ D1 ~ D4 の論理「0」, 「1」に応じてスイッチング動作をする。このトランジスタは、コレクタが結合器 15 A ~ 15 D に接続され、エミッタが第 2 の電流源 17 A ~ 17 D に接続されている。

【0015】

第 1 の電流源 14 A ~ 14 D は、バイアス電流  $I_{b1} \sim I_{b4}$  を LD11 A ~ 11 D に流し、第 2 の電流源 17 A ~ 17 D は変調電流  $I_{m1} \sim I_{m4}$  を変調器 16 A ~ 16 D に流すように構成されている。

10

【0016】

コンデンサ 19 は、LD11 A ~ 11 D の平均光出力  $P_{ave}$  の総和を検出するために、抵抗 18 の出力電圧を平滑化するもので、その時定数は、データ信号の周期より十分に長くしなければならないが、同時に試験電流の周期より十分に短くする必要がある。また、コンデンサ 20 は、試験電流によって引き起こされる LD11 A ~ 11 D の平均光出力  $P_{ave}$  の総和の変動を抽出するためのもので、その時定数は、試験電流の周期より十分に長くする必要がある。

【0017】

20

MPU23 は、例えば、図示しない CPU 等のほか、メモリ 23 a を備え、メモリ 23 a に格納されたプログラムに従って動作するように構成されている。

【0018】

LD11 A ~ 11 D は、1 つのユニットにして半導体レーザアレイ 12 が構成されており、LD11 A ~ 11 D を個々に駆動することにより、多チャンネルの光出力信号を生成することができる。

【0019】

図 2 は、レーザダイオードの駆動電流 - 発光出力特性を示す。本実施の形態で用いた LD11 A ~ 11 D の 1 つの特性を示したのが図 2 であり、変調電流  $I_m$  が閾値  $I_{th}$  以下の領域 (自然発光域) の光出力は自然放光のみで非常に小さいが、閾値  $I_{th}$  を超える領域 (誘導放光域) では変調電流  $I_m$  と光出力  $P$  が直線的になる特性を有している。この誘導放光域の傾き、すなわち、光出力  $P$  と変調電流  $I_m$  の微小変化量の比は、微分効率と呼ばれている。更に、変調電流  $I_m$  を増加させると、微分効率が小さくなる現象、すなわち微分効率の飽和が生じる。

30

【0020】

LD の光出力の強弱により光信号を伝送する場合、信号波形が歪んで伝送特性を悪化させる現象を生じさせないためには、微分効率が一定になる領域を使用する必要がある。したがって、閾値  $I_{th}$  より小さい電流、及び微分効率が飽和するような大きな電流で LD を駆動することは望ましくない。

【0021】

40

また、周囲温度の変化によって微分効率及び閾値  $I_{th}$  の値が変動する。従って、温度  $T$  から  $T'$  に変動すると、一定の平均光出力  $P_{ave}$  を得るには、バイアス電流  $I_b$  を  $I'_b$  に変更する制御が必要になる。

【0022】

(レーザ制御装置の動作)

図 3 及び図 4 は、MPU による処理を示すフローチャートである。図 3 は全体の処理を示し、図 4 は図 3 の各 LD の駆動制御の詳細を示す。図 1 ~ 図 4 を参照して、以下にレーザ制御装置 1 の動作を説明する。ここでは、信号の論理「0」, 「1」に対応する光出力をそれぞれ  $P_0$ ,  $P_1$  とし、それぞれの駆動電流を  $I_0$ ,  $I_1$  とする。また、駆動電流  $I_0$ ,  $I_1$  の近傍の微分効率を、 $\eta_0$ ,  $\eta_1$  とする。

50

## 【0023】

図3に示すように、MPU23は、LD11A～11Dの全てを予め定めた $I_{b1} \sim I_{b4}$ および $I_{m1} \sim I_{m4}$ の初期値により駆動する(S201)。その後、LD11A、LD11B、LD11C、LD11D、LD11A、・・・の順に繰り返し駆動制御が実行される(S202～205)。

## 【0024】

LD11A～11Dは、MCU23によって、所定のバイアス電流 $I_{b1} \sim I_{b4}$ 及び所定の変調電流 $I_{m1} \sim I_{m4}$ が流れるように第1、第2の電流源14A～14D、17A～17Dが制御されると共に変調器16A～16DにデータD1～D4が入力されると、データD1～D4の論理「0」、「1」に応じた光出力P0、P1からなるレーザ光を発光する。

10

## 【0025】

LD11A～11Dが図2の閾値 $I_{th}$ を超える領域(誘導放出域)で駆動されているとき、駆動電流 $I_0$ 、 $I_1$ とバイアス電流 $I_b$ 、変調電流 $I_m$ の関係は次式ようになる。なお、 $I_b$ 及び $I_m$ は、以下においては、特に断らない限り、バイアス電流 $I_{b1} \sim I_{b4}$ 及び変調電流 $I_{m1} \sim I_{m4}$ の内の1つを示している。

## 【0026】

バイアス電流 $I_b$ と変調電流 $I_m$ が、結合器15A～15DによってAC結合されている場合、下記(1a)式になる。

$$I_0 = I_b - I_m / 2, \quad I_1 = I_b + I_m / 2 \quad \dots (1a)$$

20

また、 $I_b$ と $I_m$ が結合器15A～15DによってDC結合されている場合、下記(1b)式になる。

$$I_0 = I_b, \quad I_1 = I_b + I_m \quad \dots (1b)$$

## 【0027】

バイアス電流 $I_{b1} \sim I_{b4}$ 及び変調電流 $I_{m1} \sim I_{m4}$ を定めれば、駆動電流 $I_0$ 、 $I_1$ は、上記(1a)または(1b)から一意に定まる。したがって、MPU23によってバイアス電流 $I_{b1} \sim I_{b4}$ 及び変調電流 $I_{m1} \sim I_{m4}$ が適切な値になるように設定すれば、所定の光出力 $P_0$ 及び $P_1$ を得ることができる。

## 【0028】

LD11A～11Dの光出力Pは、PD13によってモニタされている。PD13は、LD11A～11Dの光出力Pの総和に比例した光電流を出力する。この光電流は、抵抗18によって電圧値に変換される。抵抗18に生じた電圧は、コンデンサ19によって光出力の変調成分が除去され、4つのLD11A～11Dの平均光出力 $P_{ave}$ の和が検出される。

30

## 【0029】

更に、コンデンサ20により、レーザ駆動電流の変動分 $I$ によって引き起こされる平均光出力 $P_{ave}$ の変動を抽出する。コンデンサ20からの平均光出力 $P_{ave}$ は、増幅器21によって増幅され、光モニタ信号(光出力変動量) $P_{mon}$ として出力される。光モニタ信号 $P_{mon}$ は、A/D変換器22によってデジタル信号に変換され、MPU23へ入力される。

40

## 【0030】

(微分効率の算出)

MPU23は、第1の電流源14A～14D及び第2の電流源17A～17Dを制御し、バイアス電流 $I_{b1} \sim I_{b4}$ 及び変調電流 $I_{m1} \sim I_{m4}$ に試験電流を重畳する。以下、バイアス電流 $I_b$ と変調電流 $I_m$ がAC結合されている場合について述べる。まず、バイアス電流 $I_{b1} \sim I_{b4}$ に振幅 $I$ の試験電流を重畳する(図4のS301)。この場合、LD11A～11D毎に個別に駆動電流 $I_0$ 、 $I_1$ のそれぞれに試験電流( $I$ )を重畳する。

## 【0031】

増幅器21から出力される光モニタ信号 $P_{mon}$ は、平均光出力 $P_{ave}$ の変動量であ

50

るから、このとき、駆動電流  $I_0$ 、 $I_1$  の近傍の光出力変動の平均が検出される。MPU 23 は、このときの光モニタ信号  $P_{mon}$  を変数  $P_b$  としてメモリ 23a に保存する (S302)。この変数  $P_b$  は次式で表される。

【0032】

$$P_b = \{ (I_1 + I_0) / 2 \} \cdot I \quad \dots (2)$$

LD11A~11D が図2に示す微分効率  $\eta$  が一定の領域で駆動されていれば、微分効率  $\eta_1$  と  $\eta_0$  は一致するので、上記(2)式から、変数  $P_b$  は微分効率  $\eta$  に関する量であることが分かる。

【0033】

次に、MPU 23 は、変調電流  $I_{m1} \sim I_{m4}$  に振幅  $I$  の試験電流を重畳する (S303)。このとき、上記(1a)式より、駆動電流  $I_0$  に ( $-I/2$ )、駆動電流  $I_1$  に ( $+I/2$ ) が重畳される。MPU 23 は、このときの光モニタ信号  $P_{mon}$  を変数  $P_m$  (微分効率  $\eta$  の飽和度) としてメモリ 23a に保存する (S304)。変数  $P_m$  は次式で表される。

$$P_m = \{ (I_1 - I_0) / 2 \} \cdot I \quad \dots (3)$$

LD11A~11D が微分効率  $\eta$  が一定の領域で駆動されていれば、 $\eta_1 = \eta_0$  であるので、上記(3)式から、変数  $P_m$  は殆ど零である。LD11A~11D が微分効率の飽和領域で駆動されていれば、 $\eta_1 < \eta_0$  になるので、変数  $P_m$  は微分効率  $\eta$  の飽和度を示す指標になる。

【0034】

次に、MPU 23 は、微分効率  $\eta_0$  に関する量 (変数  $H_0$ ) を次式により計算する。

$$H_0 = P_b - P_m (= \eta_0 \cdot I) \quad \dots (4)$$

駆動電流  $I_0$  が閾値  $I_{th}$  以下であれば、 $\eta_0$ 、すなわち変数  $H_0$  は殆ど零である。したがって、変数  $H_0$  は、駆動電流  $I_0$  が閾値  $I_{th}$  以下かどうかを示す指標になる。

【0035】

(DC結合における変数の算出)

ここで、 $I_b$  と  $I_m$  がDC結合されている場合の変数  $P_m$  及び  $H_0$  の算出方法を説明する。なお、 $P_b$  は、上述したAC結合の場合と同じ方法で算出できる。

バイアス電流  $I_b$  に ( $+I$ ) を重畳し、同時に、変調電流  $I_m$  に ( $-I$ ) を重畳すると、上記(1b)式より、駆動電流  $I_0$  には振幅  $I$  が重畳される。一方、駆動電流  $I_1$  は、バイアス電流  $I_b$  と変調電流  $I_m$  に重畳した試験電流が互いに打ち消しあうので、何も重畳されないことになる。したがって、このとき検出される光モニタ信号  $P_{mon}$  は  $\eta_0 \times I$  となり、数式4より、変数  $H_0$  となる。

【0036】

変調電流  $I_m$  に振幅  $I$  を重畳すると、上記(1b)式より、駆動電流  $I_1$  のみに振幅  $I$  が重畳されるので、検出される光モニタ信号  $P_{mon}$  は ( $\eta_1 \times I$ ) となる。したがって、( $\eta_1 \times I$ ) と変数  $H_0$  ( $= \eta_0 \times I$ ) との差の半分が、上記(3)式より、変数  $P_m$  になる。

【0037】

(LDの制御)

MPU 23 は、以上の様にして算出した変数  $P_b$ 、 $P_m$  及び  $H_0$  (S305) に基づいてバイアス電流  $I_{b1} \sim I_{b4}$  を制御し、LD11A~11Dの平均光出力  $P_{ave}$  が一定になるようにする。

【0038】

この制御は、まず、変数  $P_m$ 、 $H_0$  に基づいて、LD11A~11Dが微分効率  $\eta$  が一定の領域で駆動されているかどうかをチェックする (S306、S307)。駆動電流  $I_1$  が過大で、 $\eta_1$  が微分効率  $\eta$  の飽和領域にあれば、バイアス電流  $I_{b1} \sim I_{b4}$  を所定量だけ減少させる。また、駆動電流  $I_0$  が閾値  $I_{th}$  以下であれば、バイアス電流  $I_{b1} \sim I_{b4}$  を所定量だけ増加させる。このような制御を繰り返し行うことで、駆動電流  $I_0$ 、 $I_1$  は微分効率  $\eta$  が一定の領域に入る。LD11A~11Dが、 $\eta_0 = \eta_1$  ( $=$ )

10

20

30

40

50

となるような微分効率  $\eta$  が一定の領域で駆動されている場合、MPU23は、平均光出力  $P_{ave}$  を一定にする制御を実行する。この制御について、以下に説明する。

【0039】

本実施の形態では、1つのPD13により半導体レーザアレイ12のLD11A~11Dの光出力を検知しているので、LD11A~11Dの個々の平均光出力  $P_{ave}$  を直接検出することはできない。そこで、図5に示すようなLDの特性を利用して、平均光出力  $P_{ave}$  を一定にする制御を実行する。

【0040】

図5は、レーザダイオードの温度による  $1/\eta$  及びバイアス電流との関係を示し、(a)は微分効率  $\eta$  の逆数と温度との関係を示す特性図、(b)は平均光出力  $P_{ave}$  が一定のときのバイアス電流  $I_b$  と温度との関係を示す特性図、(c)は(b)におけるバイアス電流  $I_b$  と  $1/\eta$  との関係を示す特性図である。

10

【0041】

図5の(a)に示すように、温度上昇に伴って微分効率  $\eta$  が低下(即ち、 $1/\eta$  が増加)していることが分かる。そのため、図5の(b)に示すように、LD11A~11Dの光出力  $P$  を一定にするために、温度上昇に伴ってバイアス電流  $I_b$  が上昇していることが分かる。また、図5の(c)に示すように、光出力  $P$  が一定であれば、 $1/\eta$  とバイアス電流  $I_b$  とは強い相関があり、温度に依存しない定数  $A, B$  を用いて、次式のように一次近似できる。なお、ここでは、 $I_{b1} \sim I_{b4}$  の1つについて示している。

【0042】

$$I_b = -A + B / \eta \quad \dots (5)$$

20

上記(5)式から、平均光出力  $P_{ave}$  が一定であれば、微分効率  $\eta$ 、バイアス電流  $I_b$  及び定数  $A$  から次の関係が成立する。

$$(I_b + A) = B (\eta = \eta_0 = \eta_1) \quad \dots (6)$$

よって、上記(6)式の左辺が一定になるようにLD11A~11Dを制御すれば、平均光出力  $P_{ave}$  を一定にすることができる。また、微分効率  $\eta$  ( $= \eta_0 = \eta_1$ ) は、上記(2)式から、 $P_b / I$  であることが分かる。

【0043】

以上から、MPU23は、検出した微分効率  $\eta$ 、既知のバイアス電流  $I_{b1} \sim I_{b4}$ 、及び予め定められた定数  $A$  から上記(6)式の左辺、即ち、 $(I_b + A) = (I_b + A) \cdot P_b / I = B'$  を算出する(S305)。

30

【0044】

更に、MPU23は、上記ステップS306で保存した変数  $P_m$  を殆ど零と見做すことができない場合(S306: No)、微分効率  $\eta_1$  が飽和していると判断し、バイアス電流  $I_{b1} \sim I_{b4}$  を所定量だけ減少させる(S309)。また、変数  $P_m$  が殆ど零と見做せる場合(S306: Yes)、微分効率  $\eta_1$  は飽和していないと判断し、ステップS307へ移行する。ステップS307では、 $\eta_0$  に対応する変数  $H_0$  が殆ど0の場合(S307: Yes)、駆動電流が閾値  $I_{th}$  以下であると判断し、バイアス電流  $I_{b1} \sim I_{b4}$  を所定量だけ増加させる(S310)。また、変数  $H_0$  が殆ど0でない場合(S307: No)、ステップS308へ移行する。

40

【0045】

MPU23は、定数  $B$  と  $B'$  を比較し、 $B' > B$  であればバイアス電流  $I_{b1} \sim I_{b4}$  を小さくし、また、 $B > B'$  であればバイアス電流  $I_{b1} \sim I_{b4}$  を大きくする制御を行い、平均光出力  $P_{ave}$  を一定にする(S308)。以上の処理をLD11A~11Dについて行えば、LD11A~11Dの平均光出力  $P_{av}$  は所定の値に制御される。

【0046】

なお、定数  $A, B$  は、一般にLD毎にばらつくが、LD毎に測定し、予め定数  $A, B$  を設定し、メモリ23aに保存しておくことで、平均光出力  $P_{ave}$  をLD毎に個別に調整できる。また、閾値  $I_{th}$  が殆ど零のLD(一般に「無しきい値レーザ」などと呼ばれる)では、定数  $A$  は殆ど零と見做せるので、LD毎に定数  $A$  を与える必要はない。

50

## 【 0 0 4 7 】

( 第 1 の実施の形態の効果 )

第 1 の実施の形態によれば、1 個の P D 1 3 により複数の L D 1 1 A ~ 1 1 D の光出力をモニタし、図 5 に示すような L D の特性を利用することで、L D 1 1 A ~ 1 1 D の特性のばらつき及び温度変化に応じて L D 1 1 A ~ 1 1 D の光出力 ( 平均値及び変調振幅 ) を個別に、しかも正確に制御することができる。

また、P D 1 3 による光出力モニタの検知結果に基づいて、 $I_0$  が閾値  $I_{t h}$  以下か否か、 $I_1$  が飽和しているか否かをチェックして L D 1 1 A ~ 1 1 D のバイアス電流  $I_b$  を増減するようにしたので、光信号波形が歪まず伝送特性を悪化させることがない。

## 【 0 0 4 8 】

[ 第 2 の実施形態 ]

図 6 は、本発明の第 2 の実施形態に係るレーザ制御装置を示す。このレーザ制御装置 1 は、第 1 の実施形態において、上記 ( 6 ) 式の左辺、 $( I_b + A ) = B'$  の値から、L D 1 1 A ~ 1 1 D のそれぞれの平均光出力  $P_{a v e}$  を求めて、平均光出力モニタ値として上位装置 2 に通知するようにしたものであり、その他の構成は第 1 の実施の形態と同様である。

## 【 0 0 4 9 】

図 6 に示すように、M P U 2 3 には、インターフェース回路 2 6 が接続され、このインターフェース回路 2 6 に上位装置 2 が通信路 3 を介して接続されている。

## 【 0 0 5 0 】

図 7 は、平均光出力  $P_{a v e}$  を変えたときの  $( I_b + A )$  の関係を示す。図 7 に示される特性は、次式で表される。

$$P_{a v e} = ( I_b - I_{t h} ) \cdot \dots ( 7 )$$

上記 ( 7 ) 式は、平均光出力  $P_{a v e}$  と  $( I_b + A )$  は、傾き 1 の一次式で関係付けられることを示している。したがって、 $( I_b + A ) = B'$  が目標値 B のときの光出力平均値を目標値  $P_{t a r}$  とすれば、平均光出力  $P_{a v e}$  は、次式で求められる。なお、目標値  $P_{t a r}$  は、予め設定された値である。

$$P_{a v e} = ( I_b + A ) + P_{t a r} - B \cdot \dots ( 8 )$$

上記 ( 8 ) 式を用いて、M P U 2 3 により平均光出力  $P_{a v e}$  を算出することができる。

## 【 0 0 5 1 】

図 8 は、第 2 の実施の形態における処理を示す。図 8 における上記ステップ S 3 0 1 ~ S 3 1 0 は、第 1 の実施の形態と同一であるので、ここでは説明を省略する。第 1 の実施の形態で説明したステップ S 3 0 8 の処理が終了すると、M P U 2 3 は、上記 ( 8 ) 式を用いて平均光出力  $P_{a v e}$  を算出し ( S 3 2 0 )、メモリ 2 3 a の所定のアドレスに値を格納する。上位装置 2 は、インターフェース回路 2 6 を介してメモリ 2 3 a の所定のアドレスにアクセスすることで、L D 1 1 A ~ 1 1 D の平均光出力  $P_{a v e}$  の値を読み出すことができる ( S 3 2 1 )。

## 【 0 0 5 2 】

第 2 の実施の形態によれば、L D 1 1 A ~ 1 1 D のそれぞれの平均光出力  $P_{a v e}$  をレーザ制御装置 1 から上位装置 2 に通知できるため、例えば、データ送信側の上位装置 2 からレーザ制御装置 1 の動作状態をモニタすることが可能になる。その他の効果は第 1 の実施の形態と同様である。

## 【 0 0 5 3 】

[ 第 3 の実施の形態 ]

( レーザ制御装置の構成 )

本発明の第 3 の実施形態に係るレーザ制御装置は、第 1 の実施形態において、平均光出力  $P_{a v e}$  を一定にする制御に加え、光出力 P の光変調振幅  $P_m$  も一定に制御するようにしたものであり、その他の処理、動作及び構成は第 1 の実施の形態と同様である。

## 【 0 0 5 4 】

10

20

30

40

50

光変調振幅  $P_m$  は、図 2 に示すように、微分効率 及び変調電流  $I_m$  に比例する。そこで、本実施の形態では、MPU 23 により、検出された微分効率 及び既知の変調電流  $I_m$  の積 ( $I_m$ ) が所定の値になるよう変調電流  $I_{m1} \sim I_{m4}$  を制御する。

【0055】

第 3 の実施の形態によれば、MPU 23 により平均光出力  $P_{ave}$  と光変調振幅  $P_m$  の両方を一定に制御することにより、温度変化が生じて、光出力  $P_0, P_1$  を一定にすることができる。

【0056】

なお、第 3 の実施の形態は、第 2 の実施の形態をベースにすることもできる。

【0057】

[他の実施の形態]

なお、本発明は、上記各実施の形態に限定されず、その要旨を変更しない範囲内で種々な変形が可能である。例えば、各実施の形態間の構成要素の組合せは任意に行うことができる。例えば、レーザ素子は、LD 11A ~ 11D の 4 つとしたが、任意の数にすることができる。

【0058】

また、上記実施の形態においては、LD 11A ~ 11D を同時に駆動する構成にしたが、LD 11A ~ 11D を 1 つずつ時分割に駆動する構成にすることもできる。

【図面の簡単な説明】

【0059】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係るレーザ制御装置を示す回路図である。

【図 2】レーザダイオードの駆動電流 - 発光出力特性を示す特性図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施の形態に係るレーザ制御装置の制御を示すフローチャートである。

【図 4】図 3 の 1 つの LD の制御の詳細を示すフローチャートである。

【図 5】レーザダイオードの温度による  $1/\eta$  及びバイアス電流との関係を示し、(a) は微分効率の逆数と温度との関係を示す特性図、(b) は平均光出力  $P_{ave}$  が一定のときのバイアス電流と温度との関係を示す特性図、(c) は (b) におけるバイアス電流と  $1/\eta$  との関係を示す特性図である。

【図 6】本発明の第 2 の実施形態に係るレーザ制御装置を示す回路図である。

【図 7】平均光出力  $P_{ave}$  を変えたときの  $(I_b + A)$  の関係を示す特性図である。

【図 8】第 2 の実施の形態における処理を示すフローチャートである。

【符号の説明】

【0060】

1 レーザ制御装置

2 上位装置

3 通信路

11A ~ 11D LD (レーザダイオード)

12 半導体レーザアレイ

13 PD (フォトダイオード)

14A ~ 14D 第 1 の電流源

15A ~ 15D 結合器

16A ~ 16D 変調器

17A ~ 17D 第 2 の電流源

18 抵抗

19, 20 コンデンサ

21 増幅器

22 A/D (アナログ/デジタル) 変換器

23a メモリ

24A ~ 24D 第 1 の D/A (デジタル/アナログ) 変換器

10

20

30

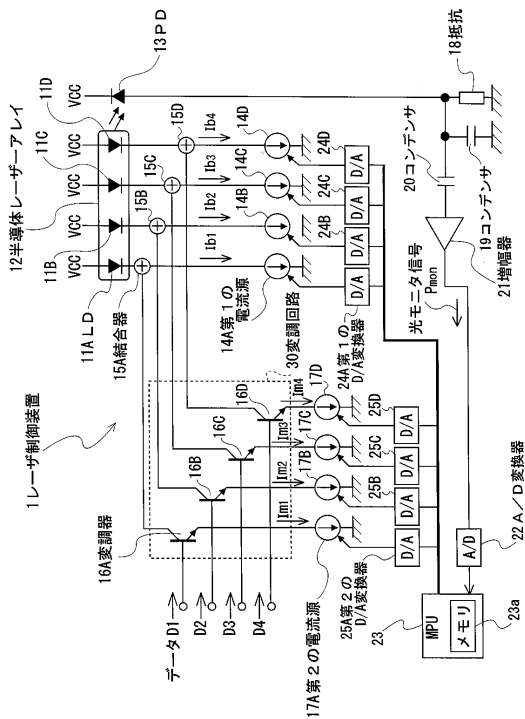
40

50

- 25A ~ 25D 第2のD/A(デジタル/アナログ)変換器
- 26 インターフェイス回路
- 30 変調回路

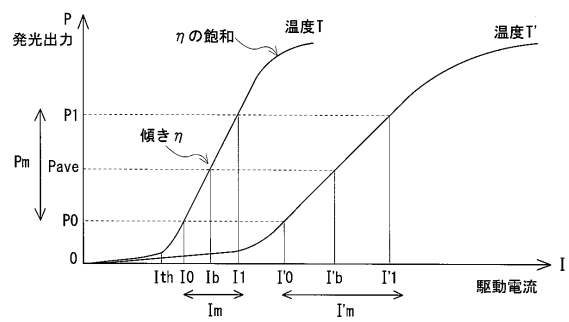
【図1】

図1



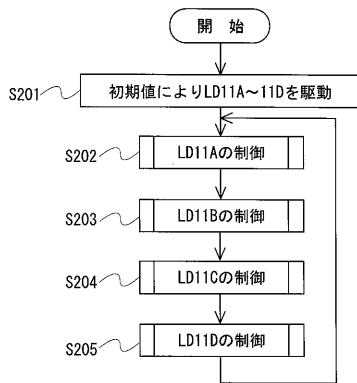
【図2】

図2



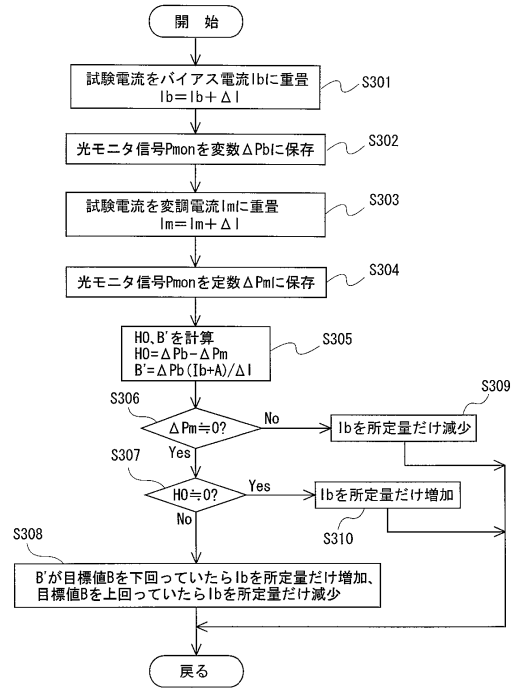
【図3】

図 3



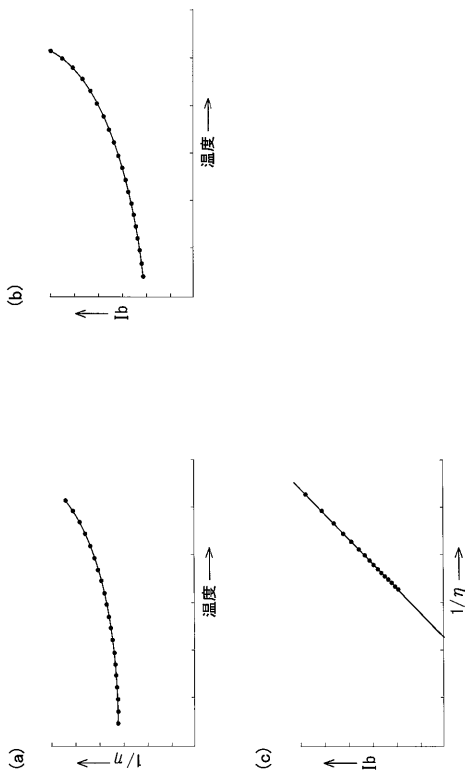
【図4】

図 4



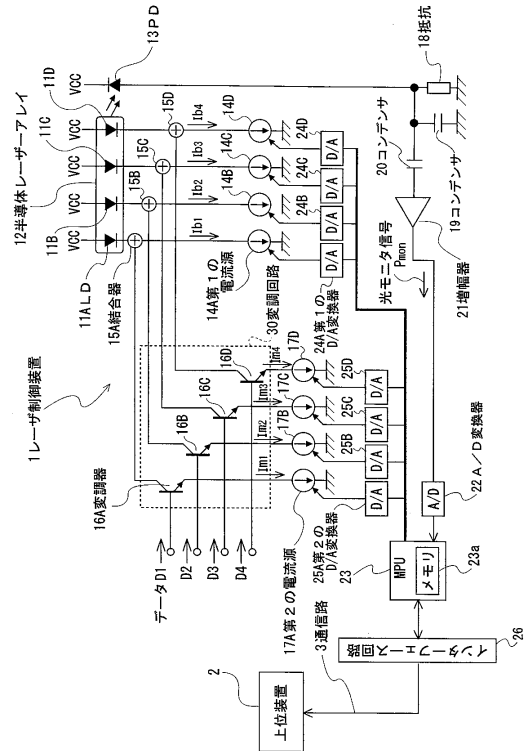
【図5】

図 5

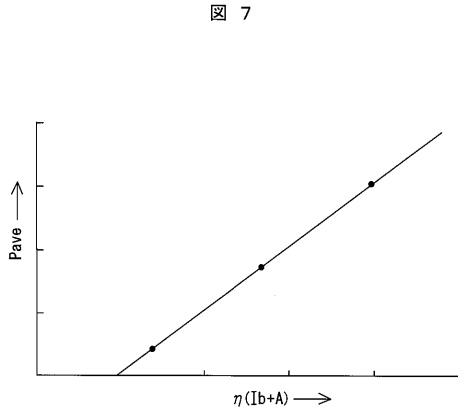


【図6】

図 6

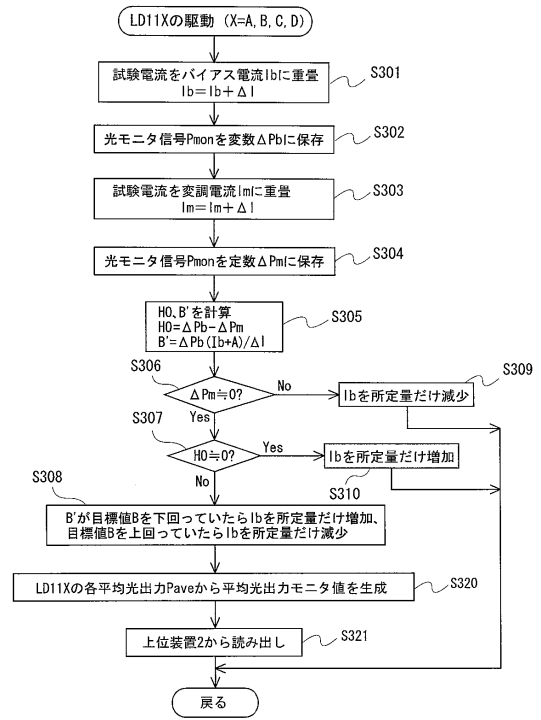


【 図 7 】



【 図 8 】

図 8



---

フロントページの続き

(74)代理人 100128211

弁理士 野見山 孝

(72)発明者 服部 啓太

東京都千代田区外神田四丁目14番1号 日立電線株式会社内

審査官 吉野 三寛

(56)参考文献 特開平07-240555(JP,A)

特開平04-159623(JP,A)

特開2004-031450(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 5/00-5/50