(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2014-165392
(P2014-165392A)
(43)公開日　平成26年9月8日(2014.9.8)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
H01S	5/068	(2006.01)	H01S	5/068		5F173
H01S	5/12	(2006.01)	H01S	5/12		5K102
H04B	10/2507	(2013.01)	H04B	9/00	251	
H04B	10/50	(2013.01)	H04B	9/00	500	

審査請求 未請求　請求項の数 6　ＯＬ　（全 13 頁）

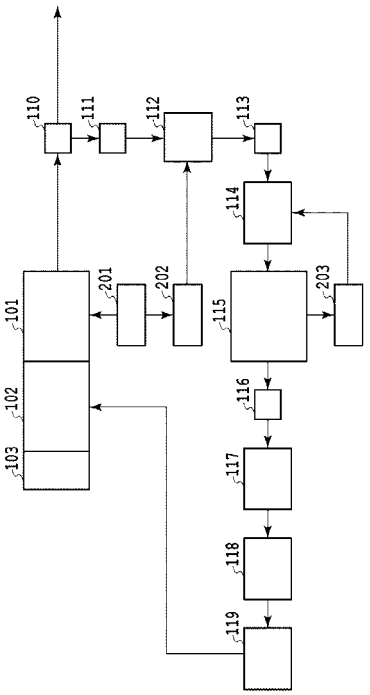
(21)出願番号　特願2013-36275(P2013-36275)
(22)出願日　平成25年2月26日(2013.2.26)

(71)出願人　000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町一丁目５番１号
(74)代理人　110001243
特許業務法人　谷・阿部特許事務所
(72)発明者　遠藤　潤
東京都千代田区大手町二丁目３番１号　日本電信電話株式会社内
(72)発明者　伊藤　敏夫
東京都千代田区大手町二丁目３番１号　日本電信電話株式会社内
(72)発明者　神田　淳
東京都千代田区大手町二丁目３番１号　日本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光送信器およびその制御方法

(57)【要約】
【課題】外部反射点からの戻り光強度やその偏波状態に起因する信号誤りの持続的発生がない光送信器を提供すること。
【解決手段】ＤＦＢ－ＬＤ１０１の光出力を分波し、フォトダイオード１１１で受光し電圧出力し、サンプルホールド回路１１２によって、一定の時間間隔で受光電圧の一部を検出し、サンプルポイントを少しずらして再度検出する。サンプルホールド回路１１２の検出電圧を基にして、ＦＰＧＡ１１５が受光電圧のヒストグラムを作成し、作成したヒストグラムの所定の光出力強度区間における光出力検出頻度を観測し、出力電圧振幅Ｖｆを生成する。出力電圧振幅Ｖｆと目標値であるＧＮＤ電位Ｖｒとの偏差をＰＩＤ制御器１１８によって操作し、偏差に相関した信号を制御導波路駆動回路１１９に出力する。御導波路駆動回路１１９は、ＰＩＤ制御器１１８の出力信号に基づき制御導波路１０２に印加する電圧Ｖｃｎｔを出力する。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
任意の波長で発振する分布帰還型半導体レーザと、
前記分布帰還型半導体レーザの後方出射部と光学的に結合し、該後方出射部からの出射光を該半導体レーザの活性領域に帰還させるための光伝送路と、
前記分布帰還型半導体レーザの前方出射部からの出射光を分波する光分波器と、
前記光分波器の分波光の光出力強度を所定の時間間隔で複数のサンプルについて検出する検波部と、
前記検波部の出力をサンプル毎に記憶する記憶部と、
前記記憶部に記録されたサンプル毎の光出力検出頻度を出力する演算部と、
前記演算部の出力値と目標値の偏差に相関した信号を出力する制御部と、
前記制御部の出力を基にして前記光伝送路に電界として印加するための駆動部と
を具備することを特徴とする光送信器。
【請求項２】
前記演算部は、前記記憶部に記録された情報を基に前記検波部によって抽出された強度のヒストグラムを作成し、該ヒストグラムの所定の光出力強度区間内の光出力検出頻度を観測して出力することを特徴する請求項１に記載の光送信器。
【請求項３】
前記所定の光出力強度区間は、前記光出力検出頻度の２つのピークの光出力強度の平均値を含むように設定することを特徴とする請求項１又は２に記載の光送信器。
【請求項４】
前記検波部は、
前記光分波器の分波光を光電変換する受光部と、
前記受光部の出力の一部を一定の時間間隔で抽出して出力するサンプルホールド回路と
を具備することを特徴とする請求項１乃至３のいずれかに記載の光送信器。
【請求項５】
前記制御部は、
前記演算部の出力値と所定の基準値の偏差を出力する比較部と、
前記偏差をＰＩＤによって操作して前記出射光の雑音強度を最小にする前記偏差に相関する信号を出力するＰＩＤ制御器と
を具備することを特徴とする請求項１乃至４のいずれかに記載の光送信器。
【請求項６】
分布帰還型半導体レーザと、前記分布帰還型半導体レーザの後方出射部と光学的に結合し、出射光を該分布帰還型半導体レーザの活性領域に帰還させる光伝送路とを備えた光送信器の制御方法であって、
前記分布帰還型半導体レーザの光出力強度を所定の時間間隔で複数のサンプルについて検出するステップと、
前記検波部の出力をサンプル毎に記憶部に記憶するステップと、
前記記憶部に記録されたサンプル毎の光出力検出頻度を出力するステップと、
前記サンプル毎の光出力検出頻度と目標値の偏差を検出するステップと、
前記分布帰還型半導体レーザの出射光の雑音強度が最小になるように、前記偏差に相関する電界を前記光伝送路に印加するステップと
を有することを特徴とする光送信器の制御方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、主に光通信分野に用いられる半導体レーザ出力光の劣化補償技術に関する。
【背景技術】
【０００２】
光通信システム構成部品の一つである光送信モジュールは、光源として半導体レーザを

使用する。光送信モジュールは、シングルモードで発振する半導体レーザを使用する場合、モジュール外部からレーザの活性領域に帰還する光（以下戻り光と称す）が存在すると、発振モードが不安定となり送信波形が劣化する。通常、その戻り光を遮断するために、モジュール内部に光アイソレータを装備する。アイソレータを除いた場合、戻り光によって雑音成分が誘起され、送信波形は著しく劣化する。

【０００３】

図９に、従来の送信波形劣化を補償する手段を備えた半導体レーザ装置の構成を示す。半導体レーザ３０１の後段に送信データ信号が印加された強度変調器３００を備え、半導体レーザ３０１の注入電流を変えて緩和振動周波数を増大させることにより、戻り光による特性劣化を抑制する方法が提案されている。（特許文献１参照）

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開２００１－１１１４９３号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

しかしながら、この従来技術では戻り光強度やその偏波状態により、雑音分布は時間的に変化し、最悪条件においては、信号誤りが持続して発生するという課題がある。

【０００６】

本発明は、このような課題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、外部反射点からの戻り光強度やその偏波状態に起因する信号誤りの持続的発生がない光送信器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

上記の課題を解決するために、本発明は、光送信器であって、任意の波長で発振する分布帰還型半導体レーザと、前記分布帰還型半導体レーザの後方出射部と光学的に結合し、該後方出射部からの出射光を該半導体レーザの活性領域に帰還させるための光伝送路と、前記分布帰還型半導体レーザの前方出射部からの出射光を分波する光分波器と、前記光分波器の分波光の光出力強度を所定の時間間隔で複数のサンプルについて検出する検波部と、前記検波部の出力をサンプル毎に記憶する記憶部と、前記記憶部に記録されたサンプル毎の光出力検出頻度を出力する演算部と、前記演算部の出力値と目標値の偏差に相関した信号を出力する制御部と、前記制御部の出力を基にして前記光伝送路に電界として印加するための駆動部とを具備することを特徴とする。

【０００８】

請求項２に記載の発明は、請求項１に記載の光送信器において、前記演算部は、前記記憶部に記録された情報を基に前記検波部によって抽出された強度のヒストグラムを作成し、該ヒストグラムの所定の光出力強度区間内の光出力検出頻度を観測して出力することを特徴する。

【０００９】

請求項３に記載の発明は、請求項１又は２に記載の光送信器において、前記所定の光出力強度区間は、前記光出力検出頻度の２つのピークの光出力強度の平均値を含むように設定することを特徴とする。

【００１０】

請求項４に記載の発明は、請求項１乃至３のいずれかに記載の光送信器において、前記検波部が、前記光分波器の分波光を光電変換する受光部と、前記受光部の出力の一部を一定の時間間隔で抽出して出力するサンプルホールド回路とを具備することを特徴とする。

【００１１】

請求項５に記載の発明は、請求項１乃至４のいずれかに記載の光送信器において、前記制御部が、前記演算部の出力値と所定の基準値の偏差を出力する比較部と、前記偏差をＰ

ＩＤによって操作して前記出射光の雑音強度を最小にする前記偏差に相関する信号を出力するＰＩＤ制御器とを具備することを特徴とする。

【００１２】

請求項６に記載の発明は、分布帰還型半導体レーザと、前記分布帰還型半導体レーザの後方出射部と光学的に結合し、出射光を該分布帰還型半導体レーザの活性領域に帰還させる光伝送路とを備えた光送信器の制御方法であって、前記分布帰還型半導体レーザの光出力強度を所定の時間間隔で複数のサンプルについて検出するステップと、前記検波部の出力をサンプル毎に記憶部に記憶するステップと、前記記憶部に記録されたサンプル毎の光出力検出頻度を出力するステップと、前記サンプル毎の光出力検出頻度と目標値の偏差を検出するステップと、前記分布帰還型半導体レーザの出射光の雑音強度が最小になるように、前記偏差に相関する電界を前記光伝送路に印加するステップとを有することを特徴とする。

【発明の効果】

【００１３】

本発明は、光送信器において、外部反射点からの戻り光強度やその偏波状態に起因する信号誤りを持続的に発生させない効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

【図１】本発明の一実施形態に係る光送信器の構成を示す図である。

【図２】本発明の一実施形態に係るＤＦＢ－ＬＤ１０１に印加される変調電流の波形を示す図である。

【図３】光伝送路内の反射点からの戻り光が存在しない場合における、ＤＦＢ－ＬＤの光出力波形（アイダイアグラム）を示す図である。

【図４】光伝送路内の反射点からの反射戻り光が存在する場合における、ＤＦＢ－ＬＤの光出力波形を示す図である。

【図５】戻り光が存在しない場合のＤＦＢ－ＬＤの光出力のヒストグラムを示す図である。

【図６】戻り光が存在する場合のＤＦＢ－ＬＤの光出力のヒストグラムを示す図である。

【図７】本発明の一実施形態に係る制御導波路１０２を伝搬する光波の位相変化量φに対するＤＦＢ－ＬＤ１０１の光出力波形を示す図である。

【図８】本発明の一実施形態に係る制御導波路１０２を伝搬する光波の位相変化量φに対するＤＦＢ－ＬＤ１０１の光出力のヒストグラムを示す図である。

【図９】従来の送信波形劣化を補償する手段を備えた半導体レーザ装置の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１５】

以下、本発明の実施の形態について、詳細に説明する。

【００１６】

図１に、本発明の一実施形態に係る光送信器の構成を示す。光源として分布帰還型レーザ１０１（以下ＤＦＢ－ＬＤと称す）を用い、ＤＦＢ－ＬＤ１０１を変調電流発生装置２０１で直接変調する。ＤＦＢ－ＬＤ１０１の後方出射部は、ＤＦＢ－ＬＤ１０１の発振光を透過する制御導波路１０２に接続され、金属反射面１０３で終端する。図示していないが、制御導波路１０２のクラッド層の対向する表面に電極面が形成され、電界印加によって導波路１０２の屈折率を変化させる。

【００１７】

尚、導波路の材料としては、半導体、絶縁体、強誘電体のいずれでも可能であるが、半導体材料は、前記ＤＦＢ－ＬＤ１０１以上のバンドギャップを有するものとする。また、制御導波路１０２の構成は、半波長電圧Ｖπと素子長の積が小さいものが望ましい。本実施形態では、素子長５００μｍ、Ｖπ＝１０Ｖの半導体導波路を制御導波路１０２として用いて集積する。

【００１８】
また、本実施形態では、直線状の光導波路である制御導波路１０２を金属反射面１０３で終端しているが、これに代えて、リング状の導波路によってＤＦＢ－ＬＤの後方出射光を周回させて活性領域に帰還させても良い。
【００１９】
図２に、ＤＦＢ－ＬＤ１０１に印加される変調電流の波形を示す。ＤＦＢ－ＬＤ１０１の変調電圧は、ビットレート１０Ｇｂ／ｓのＮＲＺ（ＰＲＢＳ　2^7-1）とする。
【００２０】
図３に、光伝送路内の反射点からの戻り光が存在しない場合における、ＤＦＢ－ＬＤの光出力波形（アイダイアグラム）を示す。一方、図４に、光伝送路内の反射点からの反射戻り光が存在する場合における、ＤＦＢ－ＬＤの光出力波形を示す。図４が示す様に、反射戻り光が存在する場合には、複数の振動モードが誘起されていることから、反射戻り光が雑音強度の増大する原因となっていることが分かる。
【００２１】
ＤＦＢ－ＬＤ１０１の光出力を１０：１の光カップラ１１０によって分波し、低出力側を任意の帯域を有するフォトダイオード１１１で受光し電圧出力し、サンプルホールド回路１１２によって、一定の時間間隔で受光電圧の一部を検出し、サンプルポイントを少しずらして再度検出する。サンプリング間隔は、変調電流発生装置の変調信号から、本実施形態では変調電流発生装置２０１からクロックを抽出して決定する。サンプルホールド回路１１２の検出電圧を、Ａ／Ｄ変換器１１３でＡ／Ｄ変換し、そのディジタル信号をＲＡＭ１１４に書き込む。ＲＡＭ１１４に記録された情報を、ＦＰＧＡ１１５等の演算回路によって読み込む。
【００２２】
ＦＰＧＡ１１５は、ＲＡＭ１１４に記録された情報を基にして、受光電圧のヒストグラムを作成する。本実施形態では、ヒストグラムにおけるデータ数を２０００００、階級数を１０００、最大値を検出電圧の最大値＋１０％、最小値を検出電圧の最小値－１０％とする。図４に、ヒストグラム抽出領域の例を示し、図５、６に、戻り光が存在しない場合と存在する場合のＤＦＢ－ＬＤの光出力のヒストグラムをそれぞれ示す。
【００２３】
次に、ＦＰＧＡ１１５は、作成したヒストグラムの所定の光出力強度区間における光出力検出頻度を観測し、Ｄ／Ａ変換器１１６が、その観測値をアナログ電圧に変換する。本実施形態では、ヒストグラムの第１のピーク（ｌｏｗロジックレベル）をＶ０、第２のピーク（ｈｉｇｈロジックレベル）をＶ１とすると、観測区間が、（Ｖ１＋Ｖ０）／２を含むように設定する。図５に示すように、本実施形態における観測区間幅は、（Ｖ１－Ｖ０）／３とした。ＲＡＭ１１４に記録された情報は、ＦＰＧＡ１１５がヒストグラムの所定の観測区間における頻度を出力する毎にリセット信号発生器２０３によって消去する。
【００２４】
Ｄ／Ａ変換器１１６の出力電圧値Ｖｆを、グランド電位Ｖｒと比較器１１７で比較し、その差分（Ｖｒ－Ｖｆ）、すなわち、出力電圧振幅Ｖｆと目標値であるＧＮＤ電位Ｖｒとの偏差をＰＩＤ（比例、積分、微分）制御器１１８によって操作し、偏差に相関した信号を制御導波路駆動回路１１９に出力する。御導波路駆動回路１１９は、ＰＩＤ制御器１１８の出力信号に基づき制御導波路１０２に印加する電圧Ｖｃｎｔを出力する。Ｖｃｎｔの可変量は、２Ｖπ以上となるように設定する。Ｖｃｎｔに応じて、制御導波路を伝搬する光波の位相が変化する。
【００２５】
図７、８に、本発明の一実施形態に係る制御導波路１０２を伝搬する光波の位相変化量φに対するＤＦＢ－ＬＤ１０１の光出力波形、そのヒストグラムをそれぞれ示す。制御系１１０～１１９は、遠端反射点からの戻り光位相が変化しても、光出力波形の内部に発生する雑音強度がゼロに収束する方向に動作するため、ＤＦＢ－ＬＤ１０１の光出力波形に誘起された雑音強度が抑圧される。戻り光位相変化より高速な応答速度で制御することに

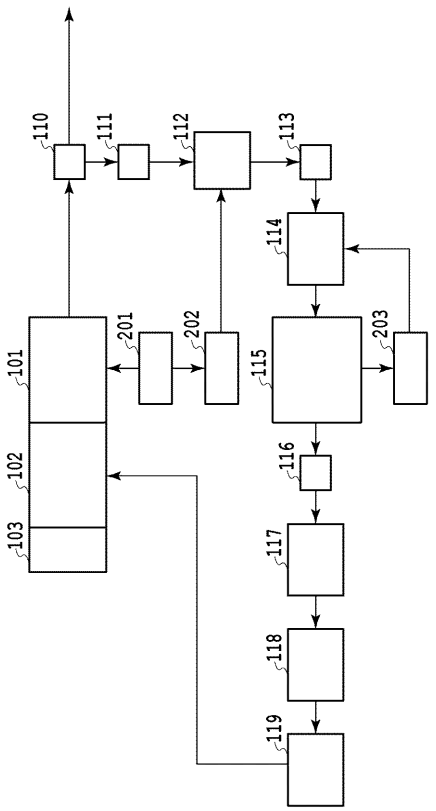
より、定常的に安定な光出力波形を得ることができる。

【符号の説明】

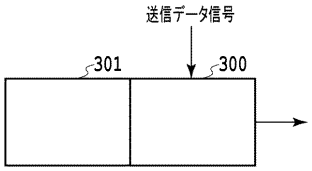
【００２６】

１０１　分布帰還型レーザ
１０２　制御導波路
１０３　金属反射端
１１０　光カップラ
１１１　フォトダイオード
１１２　サンプルホールド回路
１１３　Ａ／Ｄ変換器
１１４　ＲＡＭ
１１５　ＦＰＧＡ
１１６　Ｄ／Ａ変換器
１１７　比較器
１１８　ＰＩＤ制御器
１１９　制御導波路駆動回路
２０１　変調電流発生装置
２０２　クロック抽出器
２０３　リセット信号発生器
３００　強度変調器
３０１　半導体レーザ

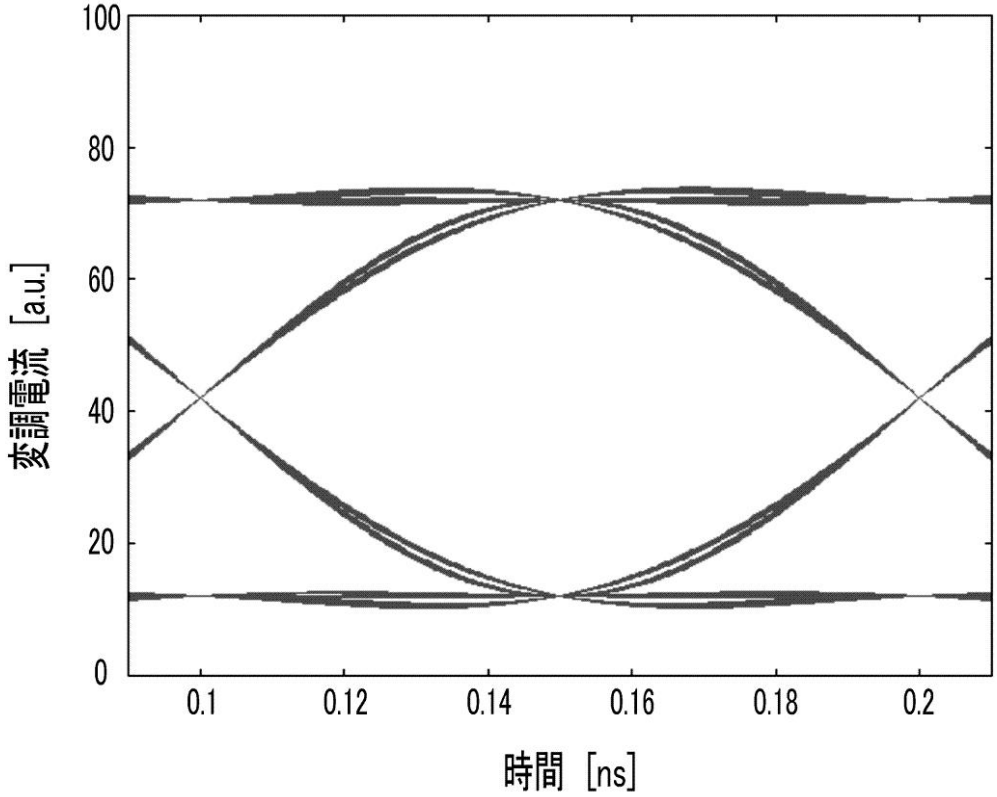
【図１】



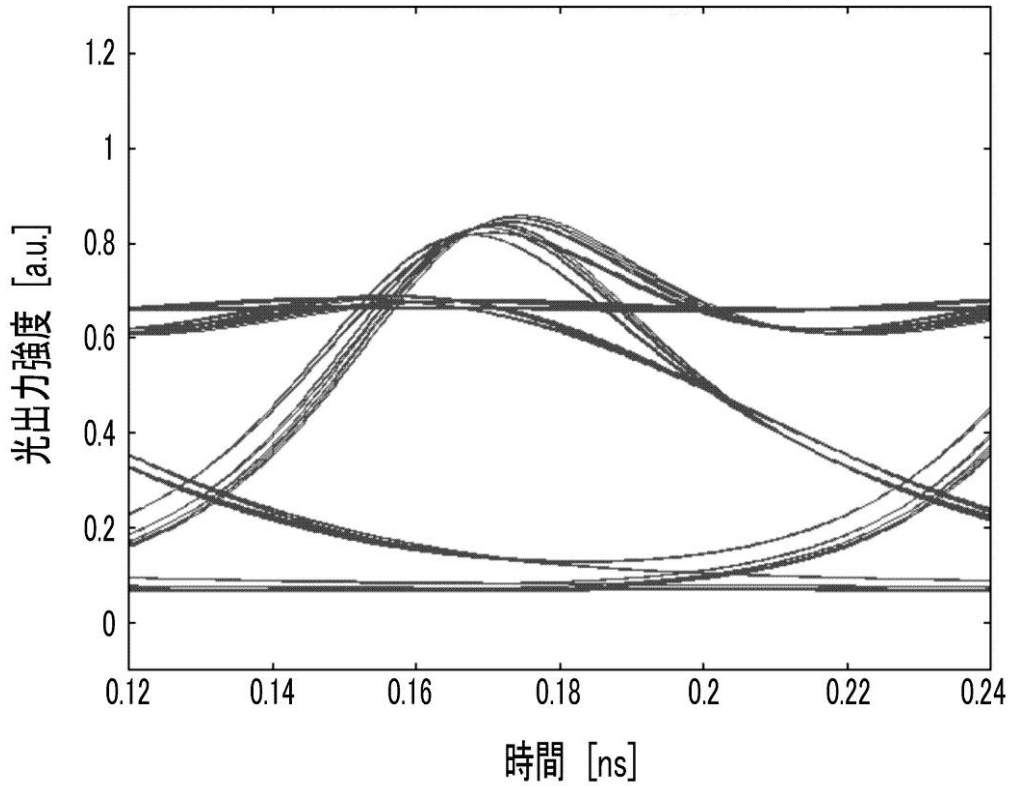
【図９】



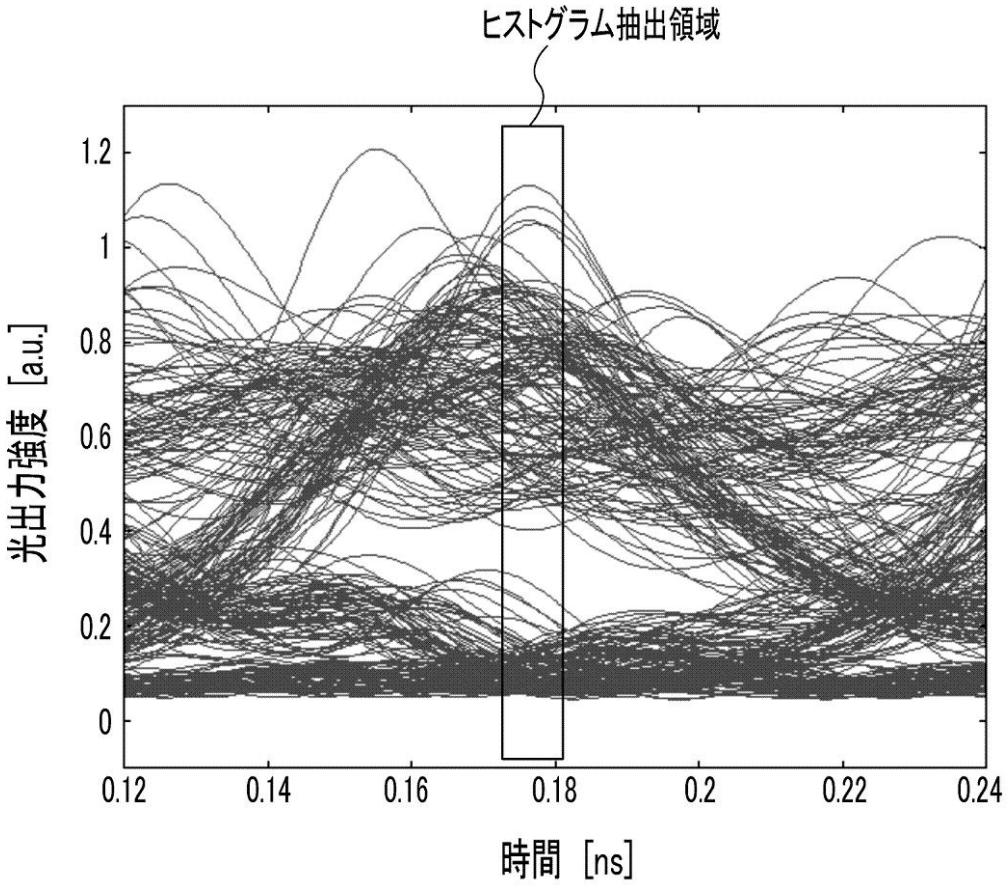
【図２】


100
80
60
40
20
0
変調電流 [a.u.]
0.1
0.12
0.14
0.16
0.18
0.2
時間 [ns]

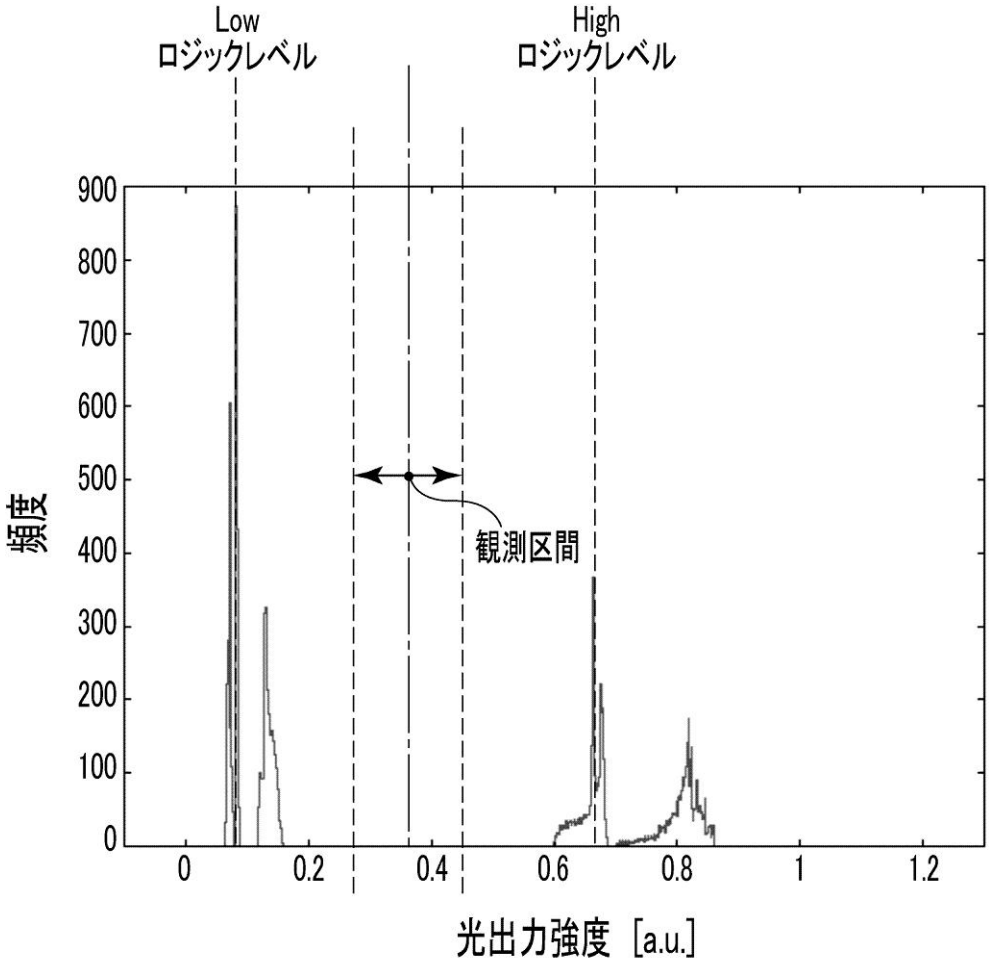
【図３】


1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
光出力強度 [a.u.]
0.12
0.14
0.16
0.18
0.2
0.22
0.24
時間 [ns]

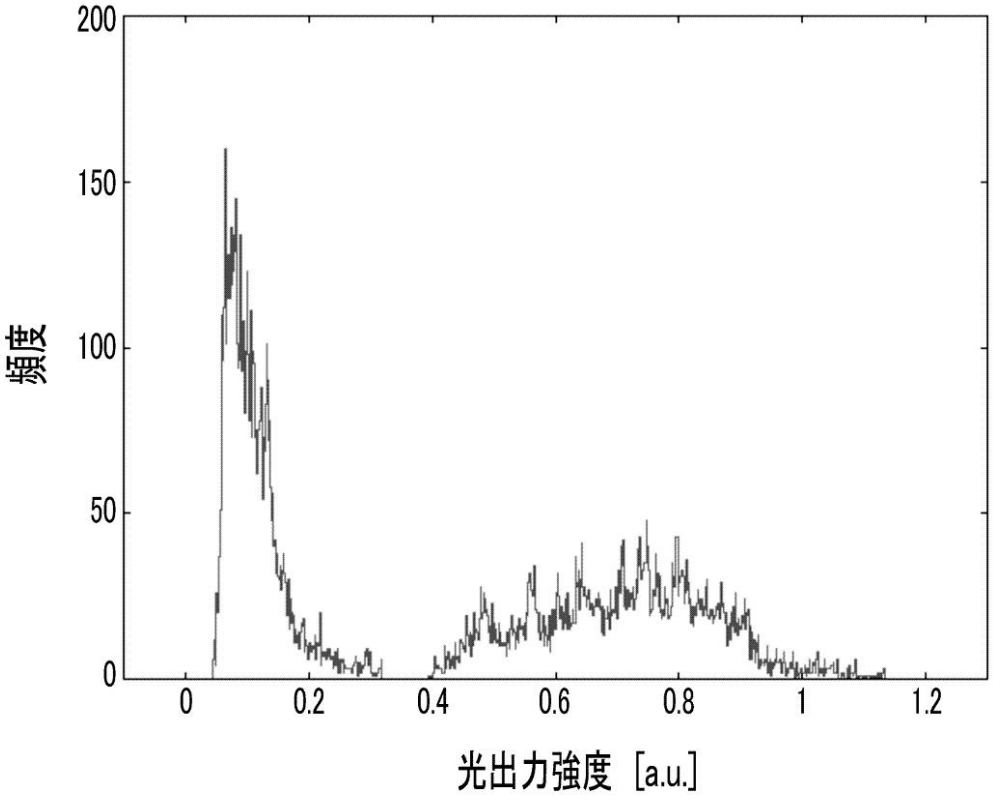
【図４】


ヒストグラム抽出領域
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
光出力強度 [a.u.]
0.12
0.14
0.16
0.18
0.2
0.22
0.24
時間 [ns]

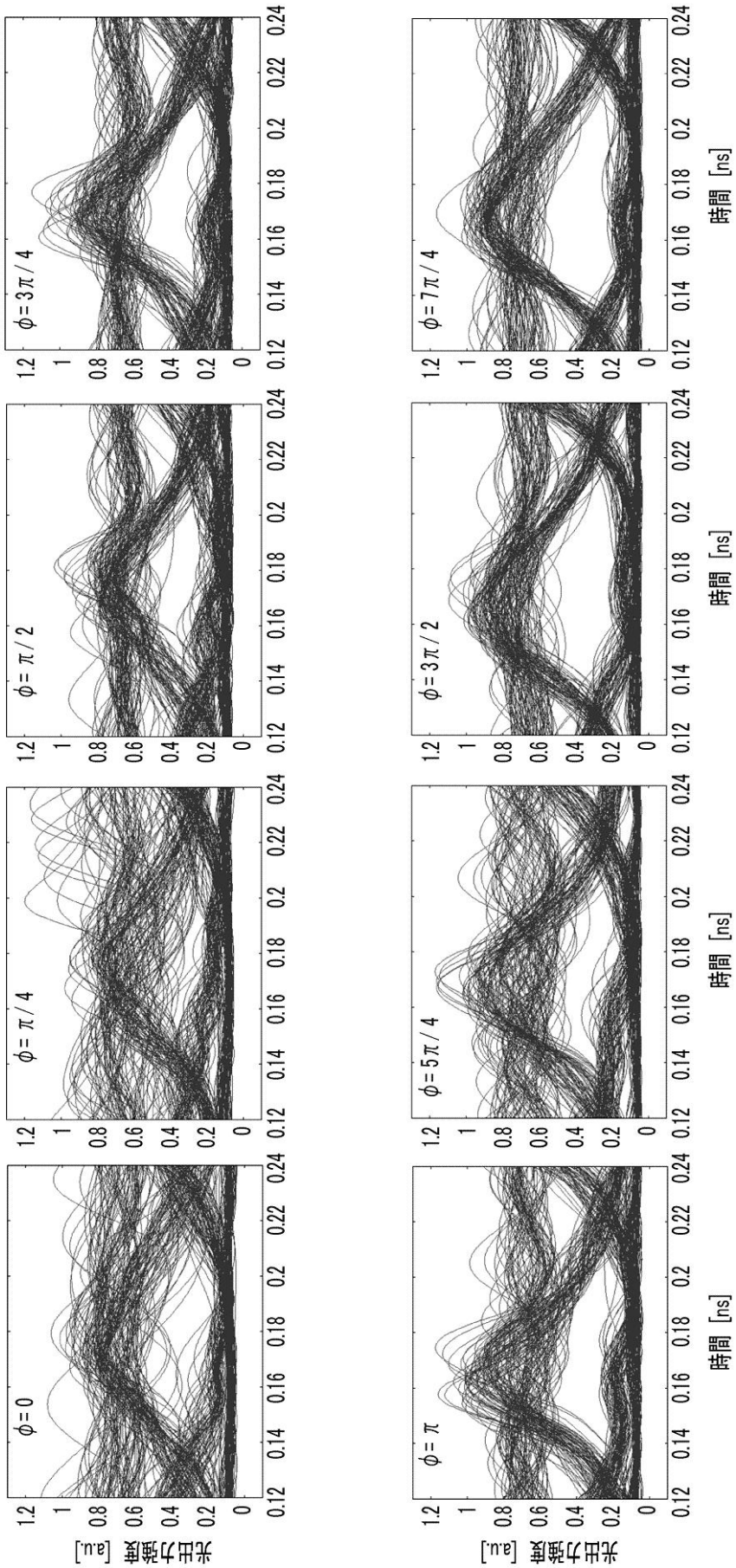
【図５】


Low
ロジックレベル
High
ロジックレベル
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
頻度
観測区間
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
光出力強度 [a.u.]

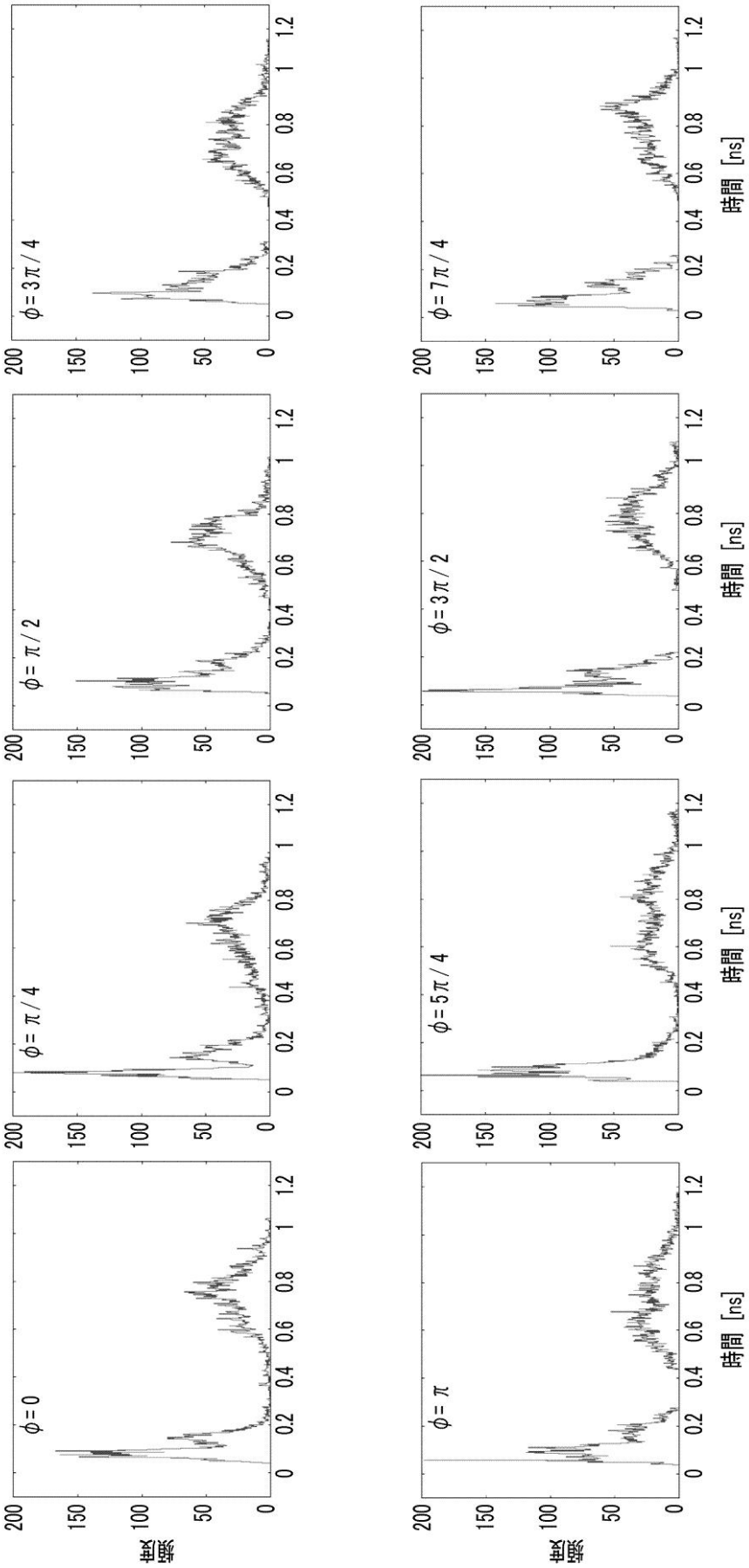
【図６】



【図７】


φ= 0
φ= π / 4
φ= π / 2
φ= 3π / 4
φ= π
φ= 5π / 4
φ= 3π / 2
φ= 7π / 4
光出力強度 [a.u.]
時間 [ns]
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
0.12
0.14
0.16
0.18
0.2
0.22
0.24

【図８】


φ=0
φ=π/4
φ=π/2
φ=3π/4
φ=π
φ=5π/4
φ=3π/2
φ=7π/4
頻度
時間 [ns]
0
50
100
150
200
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2

フロントページの続き

Ｆターム(参考) 5F173 AB14 SC02 SE01 SF09 SF40 SF50 SF62 SG12
5K102 AA01 AH01 AH26 KA16 KA39 MH02 MH12 MH21 PB03 RD02
RD26 RD28