

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5028628号  
(P5028628)

(45) 発行日 平成24年9月19日(2012.9.19)

(24) 登録日 平成24年7月6日(2012.7.6)

(51) Int.Cl. F I  
H O 1 S 5/0687 (2006.01) H O 1 S 5/0687

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2007-533330 (P2007-533330)	(73) 特許権者	504160781 国立大学法人金沢大学 石川県金沢市角間町ヌ7番地
(86) (22) 出願日	平成18年8月31日(2006.8.31)	(74) 代理人	100147485 弁理士 杉村 憲司
(86) 国際出願番号	PCT/JP2006/317228	(74) 代理人	100072051 弁理士 杉村 興作
(87) 国際公開番号	W02007/026826	(74) 代理人	100114292 弁理士 来間 清志
(87) 国際公開日	平成19年3月8日(2007.3.8)	(74) 代理人	100134005 弁理士 澤田 達也
審査請求日	平成21年6月22日(2009.6.22)	(74) 代理人	100143568 弁理士 英 貢
(31) 優先権主張番号	特願2005-255109 (P2005-255109)		
(32) 優先日	平成17年9月2日(2005.9.2)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2006-63168 (P2006-63168)		
(32) 優先日	平成18年3月8日(2006.3.8)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザの駆動システムおよび半導体レーザの駆動方法ならびに光ディスク装置およびそれに用いる帰還回路

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体レーザから出射したレーザ光の照射対象物からの戻り光が前記半導体レーザに入射するように構成された光学系を有する光学デバイスにおける半導体レーザの駆動システムであって、

前記半導体レーザを駆動する駆動回路と、

前記半導体レーザから出射したレーザ光の光強度を検出して電気信号に変換する光検出器と、

前記駆動回路および前記光検出器の間に設けられ、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内であるか否かに応じて、前記駆動回路に負帰還および正帰還を選択的に掛ける帰還回路とを具備して成ることを特徴とする半導体レーザの駆動システム。

10

【請求項 2】

前記帰還回路を増幅回路およびフィルタ回路により構成し、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内である場合は前記半導体レーザの駆動回路に負帰還を掛けるとともに前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域外である場合は前記半導体レーザの駆動回路に正帰還を掛けるように、前記増幅回路の増幅率および前記フィルタ回路の位相特性を設定するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザの駆動システム。

【請求項 3】

前記半導体レーザは青紫色半導体レーザであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載

20

の半導体レーザの駆動システム。

【請求項 4】

半導体レーザから出射したレーザ光の照射対象物からの戻り光が前記半導体レーザに入射するように構成された光学系を有する光学デバイスにおける半導体レーザの駆動方法であって、

前記半導体レーザから出射したレーザ光の光強度を検出して電気信号に変換し、

該電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内であるか否かに応じて、前記半導体レーザの駆動回路に負帰還および正帰還を選択的に掛けることを特徴とする半導体レーザの駆動方法。

【請求項 5】

前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内である場合は前記半導体レーザの駆動回路に負帰還を掛けるとともに前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域外である場合は前記半導体レーザの駆動回路に正帰還を掛けることを特徴とする請求項 4 記載の半導体レーザの駆動方法。

【請求項 6】

前記半導体レーザは青紫色半導体レーザであることを特徴とする請求項 4 または 5 記載の半導体レーザの駆動方法。

【請求項 7】

半導体レーザから出射したレーザ光の照射対象物からの戻り光が前記半導体レーザに入射するように構成された光学系を有する光ディスク装置であって、

前記半導体レーザを駆動する駆動回路と、

前記半導体レーザから出射したレーザ光の光強度を検出して電気信号に変換する光検出器と、

前記駆動回路および前記光検出器の間に設けられ、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内であるか否かに応じて、前記駆動回路に負帰還および正帰還を選択的に掛ける帰還回路とを具備して成ることを特徴とする光ディスク装置。

【請求項 8】

増幅回路およびフィルタ回路により構成され、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内である場合は前記半導体レーザの駆動回路に負帰還を掛けるとともに前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域外である場合は前記半導体レーザの駆動回路に正帰還を掛けるように、前記増幅回路の増幅率および前記フィルタ回路の位相特性が設定されるようにしたことを特徴とする請求項 7 記載の光ディスク装置に用いる帰還回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体レーザから出射したレーザ光の照射対象物からの戻り光が前記半導体レーザに入射するように構成された光学系を有する光学デバイスにおける、半導体レーザの駆動システムおよび半導体レーザの駆動方法ならびに光ディスク装置およびそれに用いる帰還回路に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体レーザは、光ディスク装置や光ファイバ通信装置等の光学デバイスの光源として利用されている。しかし、半導体レーザから出力されるレーザ光が光ディスクや光ファイバ端面等の照射対象物で反射して、その戻り光が半導体レーザに再入射した場合には、戻り光雑音と呼ばれる過剰な雑音を発生する。

そのような戻り光雑音の対策としては、既に広く実用化されている半導体レーザである「近赤外光半導体レーザ」では、半導体レーザの駆動回路において駆動電流に数百 MHz ~ 数 GHz の高周波電流を重畳することにより戻り光雑音を低減する高周波重畳法（例えば非特許文献 1 参照）や、自励振動レーザの自励振動現象を用いて戻り光雑音を低減する

10

20

30

40

50

方法（例えば非特許文献2参照）が確立されている。

【0003】

しかし、高密度のデータ記録が期待されている「青紫色半導体レーザ」では、戻り光雑音を低減することは当然必要であるが、半導体レーザの本質的な雑音である量子雑音の雑音レベルが近赤外光半導体レーザの場合よりも高くなるため、半導体レーザの内部雑音を量子雑音レベルよりも十分小さくなるまで低減することがより重要な課題になる。

【0004】

半導体レーザの内部雑音を低減する方法としては、半導体レーザから出射したレーザ光の光強度に応じた負帰還を半導体レーザの駆動回路に掛けることにより半導体レーザの内部雑音を低減する方法（例えば非特許文献3参照）を本願の発明者らが提案済みである。この方法は、近赤外光半導体レーザ等の注入型半導体レーザに適用した場合に、所定の内部雑音低減効果を得ることができる。

【0005】

【非特許文献1】A.Arimoto, M.Ojima, N.Chinone, A.Oishi, T.Gotoh, and N.Ohnutki: "Optimum conditions for the high frequency noise reduction method in optical videodisc players", Appl. Opt., vol.25, no.9, pp.1398-1403, 1986

【非特許文献2】M.Yamada: "Theoretical analysis of noise reduction effect in semiconductor lasers with help of self-sustained pulsation phenomena", J.Appl.Phys., vol.79, no.1, pp.61-71, 1996

【非特許文献3】M.Yamada, N.Nakaya, M.Funaki: "Characteristics of Mode-Hopping Noise and Its Suppression with the Help of Electric Negative Feedback in Semiconductor Lasers", IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, QE-23, No.8, pp.1297-1302, AUG. 1987

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述した負帰還を半導体レーザの駆動回路に掛けることにより内部雑音を低減する方法は、近赤外光半導体レーザ等に適用した場合に所定の内部雑音低減効果を得ることができるが、青紫色半導体レーザに適用する場合には、戻り光雑音の低減方法との併用が必須である。しかしながら、例えば「負帰還による内部雑音低減方法」と「高周波重畳法または自励振動レーザの自励振動現象を用いる戻り光雑音低減方法」とを併用するように半導体レーザの駆動回路を構成した場合、半導体レーザの駆動回路が煩雑化するとともにコストアップを招いてしまう。

【0007】

本発明は、内部雑音および戻り光雑音の双方を同時に低減し得る低価格かつ低消費電力な半導体レーザの駆動システムを提供することを第1の目的とする。

本発明は、内部雑音および戻り光雑音の双方を同時に低減し得る低価格かつ低消費電力な半導体レーザの駆動方法を提供することを第2の目的とする。

本発明は、内部雑音および戻り光雑音の双方を同時に低減し得る低価格かつ低消費電力な光ディスク装置およびそれに用いる帰還回路を提供することを第3の目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記第1の目的を達成するため、請求項1に記載の第1発明は、半導体レーザから出射したレーザ光の照射対象物からの戻り光が前記半導体レーザに入射するように構成された光学系を有する光学デバイスにおける半導体レーザの駆動システムであって、前記半導体レーザを駆動する駆動回路と、前記半導体レーザから出射したレーザ光の光強度を検出して電気信号に変換する光検出器と、前記駆動回路および前記光検出器の間に設けられ、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内であるか否かに応じて、前記駆動回路に負帰還および正帰還を選択的に掛ける帰還回路とを具備して成ることを特徴とする。

## 【 0 0 0 9 】

請求項 2 に記載の第 2 発明は、前記帰還回路を増幅回路およびフィルタ回路により構成し、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内である場合は前記半導体レーザの駆動回路に負帰還を掛けるとともに前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域外である場合は前記半導体レーザの駆動回路に正帰還を掛けるように、前記増幅回路の増幅率および前記フィルタ回路の位相特性を設定するようにしたことを特徴とする。

## 【 0 0 1 0 】

請求項 3 に記載の第 3 発明は、前記半導体レーザは青紫色半導体レーザであることを特徴とする。

10

## 【 0 0 1 1 】

上記第 2 の目的を達成するため、請求項 4 に記載の第 4 発明は、半導体レーザから出射したレーザ光の照射対象物からの戻り光が前記半導体レーザに入射するように構成された光学系を有する光学デバイスにおける半導体レーザの駆動方法であって、前記半導体レーザから出射したレーザ光の光強度を検出して電気信号に変換し、該電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内であるか否かに応じて、前記半導体レーザの駆動回路に負帰還および正帰還を選択的に掛けることを特徴とする。

## 【 0 0 1 2 】

請求項 5 に記載の第 5 発明は、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内である場合は前記半導体レーザの駆動回路に負帰還を掛けるとともに前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域外である場合は前記半導体レーザの駆動回路に正帰還を掛けることを特徴とする。

20

## 【 0 0 1 3 】

請求項 6 に記載の第 6 発明は、前記半導体レーザは青紫色半導体レーザであることを特徴とする。

## 【 0 0 1 4 】

上記第 3 の目的を達成するため、請求項 7 に記載の第 7 発明は、半導体レーザから出射したレーザ光の照射対象物からの戻り光が前記半導体レーザに入射するように構成された光学系を有する光ディスク装置であって、前記半導体レーザを駆動する駆動回路と、前記半導体レーザから出射したレーザ光の光強度を検出して電気信号に変換する光検出器と、前記駆動回路および前記光検出器の間に設けられ、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内であるか否かに応じて、前記駆動回路に負帰還および正帰還を選択的に掛ける帰還回路とを具備して成ることを特徴とする。

30

## 【 0 0 1 5 】

上記第 3 の目的を達成するため、請求項 8 に記載の第 8 発明は、第 7 発明の光ディスク装置に用いる帰還回路は、増幅回路およびフィルタ回路により構成され、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内である場合は前記半導体レーザの駆動回路に負帰還を掛けるとともに前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域外である場合は前記半導体レーザの駆動回路に正帰還を掛けるように、前記増幅回路の増幅率および前記フィルタ回路の位相特性が設定されるようにしたことを特徴とする。

40

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 6 】

第 1 発明によれば、半導体レーザから出射したレーザ光の照射対象物からの戻り光が前記半導体レーザに入射するように構成された光学系を有する光学デバイスにおける半導体レーザの駆動システムは、前記半導体レーザを駆動する駆動回路と、前記半導体レーザから出射したレーザ光の光強度を検出して電気信号に変換する光検出器と、前記駆動回路および前記光検出器の間に設けられ、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内であるか否かに応じて、前記駆動回路に負帰還および正帰還を選択的に掛ける帰還回路とを具備して成るから、例えば前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内である場合に前記駆動回路に負帰還を掛けるように帰還回路を構成することにより内部

50

雑音を低減するとともに、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域外である場合に前記駆動回路に正帰還を掛けるように帰還回路を構成することにより戻り光雑音を低減することができる。したがって、内部雑音および戻り光雑音の双方を同時に低減し得る低価格かつ低消費電力な半導体レーザの駆動システムを提供することができる。

【0017】

第2発明によれば、前記帰還回路を増幅回路およびフィルタ回路により構成し、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内である場合は前記半導体レーザの駆動回路に負帰還を掛けるとともに前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域外である場合は前記半導体レーザの駆動回路に正帰還を掛けるように、前記増幅回路の増幅率および前記フィルタ回路の位相特性を設定するようにしたから、所望の通り、内部雑音および戻り光雑音の双方を同時に低減し得るようになる。

10

【0018】

第3発明によれば、前記半導体レーザは青紫色半導体レーザであるから、青紫色半導体レーザは量子雑音レベルが近赤外光半導体レーザの場合よりも高くなるため特に内部雑音低減効果が要求されるので、本発明の駆動システムを適用する半導体レーザとして好適である。

【0019】

第4発明によれば、半導体レーザから出射したレーザ光の照射対象物からの戻り光が前記半導体レーザに入射するように構成された光学系を有する光学デバイスにおける半導体レーザを駆動する際には、前記半導体レーザから出射したレーザ光の光強度を検出して電気信号に変換し、該電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内であるか否かに応じて、前記半導体レーザの駆動回路に負帰還および正帰還を選択的に掛けるから、例えば前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内である場合に前記駆動回路に負帰還を掛けることにより内部雑音を低減するとともに、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域外である場合に前記駆動回路に正帰還を掛けることにより戻り光雑音を低減することができる。したがって、内部雑音および戻り光雑音の双方を同時に低減し得る低価格かつ低消費電力な半導体レーザの駆動方法を提供することができる。

20

【0020】

第5発明によれば、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内である場合は前記半導体レーザの駆動回路に負帰還を掛けるとともに前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域外である場合は前記半導体レーザの駆動回路に正帰還を掛けるから、所望の通り、内部雑音および戻り光雑音の双方を同時に低減し得るようになる。

30

【0021】

第6発明によれば、前記半導体レーザは青紫色半導体レーザであるから、青紫色半導体レーザは量子雑音レベルが近赤外光半導体レーザの場合よりも高くなるため特に内部雑音低減効果が要求されるので、本発明の駆動方法を適用する半導体レーザとして好適である。

【0022】

第7発明によれば、半導体レーザから出射したレーザ光の照射対象物からの戻り光が前記半導体レーザに入射するように構成された光学系を有する光ディスク装置は、前記半導体レーザを駆動する駆動回路と、前記半導体レーザから出射したレーザ光の光強度を検出して電気信号に変換する光検出器と、前記駆動回路および前記光検出器の間に設けられ、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内であるか否かに応じて、前記駆動回路に負帰還および正帰還を選択的に掛ける帰還回路とを具備して成るから、例えば前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内である場合に前記駆動回路に負帰還を掛けるように帰還回路を構成することにより内部雑音を低減するとともに、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域外である場合に前記駆動回路に正帰還を掛けるように帰還回路を構成することにより戻り光雑音を低減することができる。したがって、内部雑音および戻り光雑音の双方を同時に低減し得る低価格かつ低消費電力な光ディスク装置を提供することができる。

40

50

## 【 0 0 2 3 】

第 8 発明によれば、帰還回路を、増幅回路およびフィルタ回路により構成し、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内である場合は前記半導体レーザの駆動回路に負帰還を掛けるとともに前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域外である場合は前記半導体レーザの駆動回路に正帰還を掛けるように、前記増幅回路の増幅率および前記フィルタ回路の位相特性を設定するようにしたから、所望の通り、内部雑音および戻り光雑音の双方を同時に低減し得るようになり、この帰還回路は、第 7 発明の光ディスク装置に用いるのに適した帰還回路となる。

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 2 4 】

以下、本発明を実施するための最良の形態を図面に基づき詳細に説明する。

図 1 は本発明の第 1 実施形態の半導体レーザの駆動システムの原理的構成を例示する図である。図 1 は本発明の半導体レーザの駆動システムを光ディスク装置の光ピックアップに適用した例を示しており、図中 1 は光ピックアップを示す。

## 【 0 0 2 5 】

上記半導体レーザの駆動システムは、光ピックアップ 1 と、駆動回路 3 と、増幅回路 7 と、フィルタ回路 8 等を具備して成り、上記光ピックアップ 1 は、半導体レーザ 2 と、ビームスプリッタ 4 と、信号再生用の光検出器 5 と、レーザ光検出用の光検出器 6 とから成る。

## 【 0 0 2 6 】

上記半導体レーザ 2 としては、近赤外光半導体レーザや青紫色半導体レーザ等の各種半導体レーザを用いることができるが、特に、上記半導体レーザ 2 として青紫色半導体レーザを用いた場合に、本発明の狙いとする内部雑音低減効果が顕著になるので好ましい。

## 【 0 0 2 7 】

上記駆動回路 3 は、半導体レーザ 2 を駆動するものであり、例えば、半導体レーザ 2 のアノードおよびカソードに接続される、コイル、抵抗および可変電圧源より成る直列回路と、半導体レーザ 2 のアノードおよび前記コイルの接続点とフィルタ回路 8 との間に接続されるコンデンサとから成る。

## 【 0 0 2 8 】

上記ビームスプリッタ 4 は、入射したレーザ光 9 を透過方向および反射方向にそれぞれ所定の割合（例えば 50 : 50）で分岐させてレーザ光 9 a およびレーザ光 9 b とするものである。

上記信号再生用の光検出器 5 は、半導体レーザ 2 から出射したレーザ光 9 がビームスプリッタ 4 を透過して光ディスク 10 に照射されたときの光ディスク 9 からの戻り光 9 c が、ビームスプリッタ 4 で反射されて入射した光 9 d を電気信号として検出するものであり、光検出器 5 の出力信号は光ディスク 9 に記録されている信号の再生に用いられる。

上記レーザ光検出用の光検出器 6 は、半導体レーザ 2 から出射したレーザ光 9 がビームスプリッタ 4 で反射方向に分岐されたレーザ光 9 b が入射したときに、レーザ光 9 b の光強度を検出して電気信号に変換するものである。

## 【 0 0 2 9 】

上記増幅回路 7 およびフィルタ回路 8 は、上記光検出器 6 および上記駆動回路 3 の間に設けられ、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内であるか否かに応じて駆動回路 3 に電氣的負帰還（以下、単に負帰還という）および電氣的正帰還（以下、単に正帰還という）を選択的に掛ける帰還回路を構成するものであり、半導体レーザ 2 の駆動電流に例えば数百 MHz 程度の高周波電流を重畳することにより戻り光雑音を低減するとともに例えば 100 MHz 程度以下の周波数の電流を重畳することにより内部雑音を量子雑音レベルよりも小さく低減する作用をなすものである。上記増幅回路 7 の増幅率およびフィルタ回路 8 の位相特性は、前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域内である場合は半導体レーザ 2 の駆動回路 3 に負帰還を掛けるとともに前記電気信号の周波数が信号として利用する周波数帯域外である場合は半導体レーザ 2 の駆動回路 3 に正帰

10

20

30

40

50

還を掛けるように設定されている。その際、増幅回路7およびフィルタ回路8より成る帰還回路の増幅率および位相変化の周波数特性は、内部雑音および戻り光雑音の低減化に最適な特性を利用するように、任意に設計し得るものとする。なお、図1に示す例では、光検出器6側に増幅回路7を配置するとともに駆動回路3側にフィルタ回路8を配置するように構成しているが、光検出器6側にフィルタ回路8を配置するとともに駆動回路3側に増幅回路7を配置するように変更してもよい。

【0030】

なお、上記においては本発明の半導体レーザの駆動システムを光ディスク装置の光ピックアップに適用したが、本発明の半導体レーザの駆動システムは、光ファイバ通信用光源や各種光計測器光源等の、半導体レーザから出射したレーザ光の照射対象物（光ディスク等）からの戻り光（図1の例の場合は戻り光9e）が前記半導体レーザに入射するように構成された光学系を有する光学デバイスであれば、どのような光学デバイスにも適用することができる。

10

【0031】

次に、本発明の半導体レーザの駆動システムの作用について説明する。

図1において、半導体レーザ2から出射したレーザ光9は、ビームスプリッタ4で2つのレーザ光9a、9bに分岐され、ビームスプリッタ4を透過したレーザ光9aは光ディスク10で反射され、戻り光9cとなる。この戻り光9cの約半分の光は、ビームスプリッタ4で反射されて光検出器5に入射し、そこで信号再生用の電気信号として検出される。しかし、光ディスク10からの戻り光9cの約半分の光9eは、ビームスプリッタ4を透過して半導体レーザ2に戻り、半導体レーザ2に入射する。これに伴い、半導体レーザ2が「戻り光雑音」と呼ばれる過剰雑音を発生することになる。

20

【0032】

そこで、本発明の半導体レーザの駆動システムでは、半導体レーザ2から出射したレーザ光9をビームスプリッタ4で2つに分岐したレーザ光の一方であるレーザ光9bを光検出器6に入射させて光検出器6で電気信号に変換し、その電気信号を増幅回路7で増幅し、フィルタ回路8で振幅や位相特性を整えてから、半導体レーザ2の駆動回路3に帰還させるようにしている。

【0033】

本発明の半導体レーザの駆動システムの最大の特徴は、増幅回路7およびフィルタ回路8より成る帰還回路によって半導体レーザ2の駆動回路3に帰還を掛ける際に、負帰還を掛ける周波数帯域と、正帰還を掛ける周波数帯域との双方が共存できるように、増幅回路7の増幅率およびフィルタ回路8の位相特性を設計するようにしたことである。

30

つまり、光ピックアップで信号として利用する角周波数帯域を図2(a)~(c)に示す $\omega_1$ とすると、その角周波数帯域では負帰還を掛け、その角周波数帯域よりも高い角周波数側の $\omega_0$ では、正帰還を掛けることにより、「半導体レーザ2の駆動回路3に負帰還および正帰還を選択的に掛ける帰還回路」を実現している。

【0034】

以下、本発明の半導体レーザの駆動システムの動作原理を数式等を用いて説明する。

図1において、半導体レーザ2に流れる交流電流を $I(\omega)$ とし、この交流電流から半導体レーザ2の出力光への伝達関数を $T(\omega)$ とし、半導体レーザ2の量子雑音を $X(\omega)$ とすると、半導体レーザ2の出力光のゆらぎ成分（交流成分）である内部雑音 $S(\omega)$ は、

40

$$S(\omega) = I(\omega) T(\omega) + X(\omega) \quad (1)$$

と書ける。この半導体レーザ2で発生する内部雑音 $S(\omega)$ が大きいことが問題となっているため、内部雑音 $S(\omega)$ を量子雑音 $X(\omega)$ よりも十分に小さくなるまで低減することが本発明の課題である。

【0035】

一方、光検出器6や増幅回路7の入力段で発生する雑音を $N(\omega)$ とし、増幅回路7およびフィルタ回路8の合成の伝達関数を $A(\omega)$ とすると、半導体レーザ2に帰還される

50

電流  $I(\omega)$  は、

$$I(\omega) = \{ S(\omega) + N(\omega) \} A(\omega) \quad (2)$$

となる。

式(1)および式(2)より、半導体レーザ2の内部雑音  $S(\omega)$  は、

$$S(\omega) = \{ N(\omega) A(\omega) T(\omega) + X(\omega) \} / \{ 1 - A(\omega) T(\omega) \} \quad (3)$$

となる。

#### 【0036】

このとき、光ピックアップにおいて信号として利用する角周波数帯を  $\omega_0 < \omega < \omega_1$  とすると、その角周波数帯域よりも高い角周波数側の  $\omega > \omega_1$  では、

$$|A(\omega_0) T(\omega_0)| > |A(\omega) T(\omega)| > 1$$

という正帰還が掛かるように、増幅回路7およびフィルタ回路8より成る帰還回路を設計する。具体的には、図2(a)に示す  $\log |A(\omega) T(\omega)|$  の周波数特性および図2(b)に示す  $A(\omega) T(\omega)$  の位相角の周波数特性となるように増幅回路7の増幅率およびフィルタ回路8の位相角を設計する。それに伴い、上記角周波数成分における光子数および電子密度が増加するため、図2(c)に示すように、電気的正帰還を掛ける本発明の場合は、半導体レーザ2の出力光の交流成分  $S(\omega)$  の絶対値である  $|S(\omega_0)|$  が急増する。この  $|S(\omega_0)|$  の急増により、上述した非特許文献2に記載された「自励振動レーザの自励振動現象を用いて戻り光雑音を低減する方法」と同様に、半導体レーザ2中に非線形光学現象が生じるため、光ピックアップにおいて信号として利用する角周波数帯域である  $\omega_0 < \omega < \omega_1$  における戻り光雑音が低減する。したがって、戻り光雑音をほぼ量子雑音レベルまで低減させることができる。

#### 【0037】

一方、光ピックアップにおいて信号として利用する角周波数帯域である  $\omega_0 < \omega < \omega_1$  においては、

$$|A(\omega) T(\omega)| < 0 \quad \text{かつ} \quad |A(\omega) T(\omega)| \gg 1$$

という負帰還が掛かるように、増幅回路7およびフィルタ回路8より成る帰還回路を設計する。具体的には、図2(a)に示す  $\log |A(\omega) T(\omega)|$  の周波数特性および図2(b)に示す  $A(\omega) T(\omega)$  の位相角の周波数特性となるように増幅回路7の増幅率およびフィルタ回路8の位相角を設計する。それに伴い、半導体レーザ2の内部雑音  $S(\omega)$  は、式(3)より、

$$S(\omega) = -N(\omega) \quad (4)$$

となる。

一般的に、光検出器6や増幅回路7の入力段で発生する雑音  $N(\omega)$  は、半導体レーザの量子雑音  $X(\omega)$  よりも十分小さい。したがって、半導体レーザ2の内部雑音  $S(\omega)$  は、半導体レーザの量子雑音  $X(\omega)$  よりも十分小さくなる。

#### 【0038】

本発明の半導体レーザの駆動システムによれば、光ピックアップで信号として利用する角周波数帯域である  $\omega_0 < \omega < \omega_1$  で負帰還を掛けることにより内部雑音を低減するとともに、それよりも高い角周波数である  $\omega = \omega_0$  で正帰還を掛けることにより戻り光雑音を低減することができる。したがって、本発明によれば、近赤外光半導体レーザは勿論、量子雑音レベルが高いため内部雑音も高くなりやすく、かつ、戻り光雑音も発生しやすい半導体レーザである青紫色半導体レーザを、低雑音で動作させることができる半導体レーザの駆動システムを、低価格かつ低消費電力で実現することができる。また、本発明の半導体レーザの駆動システムを光ピックアップに適用した、内部雑音および戻り光雑音の双方を同時に低減し得る低価格かつ低消費電力な光ディスク装置を提供することができる。

#### 【実施例】

#### 【0039】

以下、本発明の半導体レーザの駆動システムの実施例について説明する。

#### 【0040】

[ 雑音低減効果の測定 ; その1 ]



本発明の半導体レーザの駆動システムにおける、光ピックアップで信号として利用する  $0$   $_{1}$  での負帰還による内部雑音の低減効果および  $0$   $_{1}$  よりも高い角周波数  $0$   $_{0}$  での正帰還による戻り光雑音の低減効果を確認するため、図3に示す測定装置を用意した。

#### 【0041】

図3において、LDは、図1の半導体レーザ2に対応する青紫色半導体レーザ（発振波長：410nm、発振閾値電流：42.5mA）であり、Collimating Lensは図1には記載を省略した集光レンズであり、Objective Lensは図1には記載を省略した対物レンズであり、PD1は図1の光検出器5に対応する信号再生用の光検出器であり、PD2は図1の光検出器6に対応するレーザ光検出用の光検出器であり、Beam Splitterは図1のビームスプリッタ4に対応するものであり、ATTは戻り光率調整用のアッテネータであり、MIRRORは光ディスクの反射面を模したものであり、Amp1、Amp2は図1の増幅回路7に対応するものであり、LPFは図1のフィルタ回路8に対応するものであり、DC Bias Current Sourceおよびコイル、コンデンサは図1の駆動回路3に対応するものである。なお、レーザ光を観察するためにスペクトルアナライザ（Spectrum Analyzer）を設け、PD1で検出した再生信号の強度を測定するためにパワーメータ（Power Meter）を設けた。

#### 【0042】

図3に示す測定装置を用いて、青紫色半導体レーザに電氣的帰還を掛けたとき、および電氣的帰還を掛けないときの相対雑音強度（Relative Intensity Noise；RIN）の周波数特性を測定した。その際の測定条件は、出力光強度 = 2.0mW（直流駆動電流：44mA）、レーザ温度 = 25℃、青紫色半導体レーザとMIRRORとの間の距離 = 15cm、Amp1、Amp2の利得 = 合計 + 30dBであった。

その結果、戻り光なしの場合には図4（a）に示すRINの周波数特性が得られ、戻り光あり（戻り光率 = 0.0048）の場合には図4（b）に示すRINの周波数特性が得られた。

#### 【0043】

図4（a）に示すRINの周波数特性および図4（b）に示すRINの周波数特性に基づき、「電氣的帰還を掛ける本発明の場合（図4（b）の電氣的帰還あり）は、電氣的帰還を掛けない場合（図4（a）の電氣的帰還なし）と比較して、約10MHz以下の周波数帯域において戻り光雑音が量子雑音レベル未満に低減されていること」を確認することができた。また、図4（a）に示すRINの周波数特性に基づき、「電氣的帰還を掛ける本発明の場合、電氣的帰還を掛けない場合と比較して、約10MHz以下の周波数帯域において内部雑音が量子雑音レベル未満に低減されていること」を確認することができた。

#### 【0044】

##### [ 雑音低減効果の測定；その2 ]

本発明の半導体レーザの駆動システムにおける、光ピックアップで信号として利用する  $0$   $_{1}$  での負帰還による内部雑音の低減効果および  $0$   $_{1}$  よりも高い角周波数  $0$   $_{0}$  での正帰還による戻り光雑音の低減効果を確認するとともに高周波重畳法（従来技術）を用いた場合の雑音低減効果と比較するために、図5および図6に示す測定装置を用意した。

#### 【0045】

図5の測定装置は電氣的正帰還・負帰還を用いた場合の雑音低減効果を測定するものであり、図3の測定装置に対し、スペクトルアナライザおよびAMP2間のLPFを削除するとともに、AMP1とPD2との接続点およびAMP2とコンデンサとの接続点間に、AMP1に入る電気信号の時間波形を観察するためのサンプリングオシロスコープ（Sampling Oscilloscope）を追加したものであり、それ以外の部分は図3の測定装置と同様に構成されている。なお、今回使用した図5の測定装置は、AM

10

20

30

40

50

P1およびAMP2の設計を最適化したため、図3の測定装置に比べて、雑音低減効果が向上している。

図6の測定装置は高周波重畳法（従来技術）を用いた場合の雑音低減効果を測定するものであり、図5の測定装置に対し、スペクトルアナライザおよびコンデンサ間のAMP2を削除するとともに、サンプリングオシロスコープとコンデンサとの接続点に発振器（Oscillator）を追加したものであり、それ以外の部分は図5の測定装置と同様に構成されている。

#### 【0046】

まず、図5に示す測定装置を用いて、青紫色半導体レーザに電氣的帰還を掛けたとき、および電氣的帰還を掛けないときの相対雑音強度（Relative Intensity Noise; RIN）の周波数特性を測定した。その際の測定条件は、出力光強度 = 3.0 mW（直流駆動電流：45 mA）、レーザ温度 = 25℃、青紫色半導体レーザとMIRRORとの間の距離 = 15 cm、Amp1, Amp2の利得 = 合計 + 35 dBであった。

その結果、戻り光なしの場合には図7に示すRINの周波数特性が得られ、戻り光あり（戻り光率 = 0.015）の場合には図8（a）に示すRINの周波数特性が得られ、戻り光あり（戻り光率 = 0.07）の場合には図8（b）に示すRINの周波数特性が得られた。

#### 【0047】

図7に示すRINの周波数特性および図8（a）、（b）に示すRINの周波数特性に基づき、「電氣的帰還を掛ける本発明の場合（図8（a）、（b）の電氣的帰還あり）は、電氣的帰還を掛けない場合と比較して、約30 MHz以下の周波数帯域において戻り光雑音が量子雑音レベル未満に低減されていること」を確認することができた。また、図7に示すRINの周波数特性に基づき、「電氣的帰還を掛ける本発明の場合、電氣的帰還を掛けない場合と比較して、約30 MHz以下の周波数帯域において内部雑音が量子雑音レベル未満に低減されていること」を確認することができた。

#### 【0048】

次に、図6に示す測定装置を用いて、青紫色半導体レーザに所定周波数の高周波重畳（従来技術）を行ない、戻り光率（Feedback Ratio）と相対雑音強度RINを測定して、「本発明の電氣的帰還ありの場合」および「高周波重畳無し、電氣的帰還無しの場合」と比較した。その際の測定条件は、レーザ温度 = 25℃、青紫色半導体レーザとMIRRORとの間の距離 = 15 cm、発振閾値電流  $I_{th} = 42.5$  mA、直流駆動電流  $I = 45$  mAであった。

この測定において、PD2で検出されたサンプリングオシロスコープに示される電気信号の時間波形が、図9に示すように、高周波重畳ありの場合（従来技術）と本発明の時間波形（電氣的帰還あり）とで一致するように、発振器（Oscillator）の周波数と強度を調整した。

この方法で測定した雑音周波数10 MHzにおけるRINと戻り光率の関係を示す図が図10で9る。

#### 【0049】

図10に示す雑音周波数10 MHzでのRINと戻り光率の関係に基づき、「電氣的帰還を掛ける本発明の場合（図10の電氣的帰還あり）は、高周波重畳ありの場合（従来技術）に対して、全域において戻り光雑音が低減されていること」を確認することができた。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0050】

本発明の半導体レーザの駆動システムおよび半導体レーザの駆動方法は、光ピックアップや光ファイバ通信用光源や各種光計測器光源等の、半導体レーザから出射したレーザ光の照射対象物からの戻り光が前記半導体レーザに入射するように構成された光学系を有する光学デバイスに好適に用いることができ、特に、光ディスク装置に好適に用いることが

10

20

30

40

50

できる。また、本発明の帰還回路は、本発明の光ディスク装置に好適に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】本発明の第1実施形態の半導体レーザの駆動システムの原理的構成を例示する図である。

【図2】(a), (b)は第1実施形態の半導体レーザの駆動システムにおける帰還回路を設計する際に用いる周波数特性を例示する図であり、(c)は第1実施形態の半導体レーザの駆動システムの雑音低減効果を説明するための図である。

【図3】本発明の半導体レーザの駆動システムにおける雑音低減効果を確認するための測定装置の構成を例示する図である。

10

【図4】(a), (b)はそれぞれ、図3の測定装置を用いて青紫色半導体レーザに電氣的帰還を掛ける場合および電氣的帰還を掛けない場合の、戻り光なしおよび戻り光ありにおける相対雑音強度R I Nの周波数特性を比較して説明するための図である。

【図5】本発明の半導体レーザの駆動システムにおける雑音低減効果を確認するための測定装置の他の構成を例示する図である。

【図6】本発明の半導体レーザの駆動システムにおける雑音低減効果を高周波重畳法を用いた場合と比較するための高周波重畳法用の測定装置の構成を例示する図である。

【図7】図5の測定装置を用いて青紫色半導体レーザに電氣的帰還を掛ける場合および電氣的帰還を掛けない場合の、戻り光なしにおける相対雑音強度R I Nの周波数特性を比較して説明するための図である。

20

【図8】(a), (b)はそれぞれ、図5の測定装置を用いて青紫色半導体レーザに電氣的帰還を掛ける場合および電氣的帰還を掛けない場合の、戻り光ありにおける相対雑音強度R I Nの周波数特性を比較して説明するための図である。

【図9】(a), (b)はそれぞれ、本発明の半導体レーザの駆動システムおよび高周波重畳法を用いる半導体レーザの駆動システムにおけるサンプリングオシロスコープの時間波形を例示する図である。

【図10】本発明の半導体レーザの駆動システムおよび高周波重畳法を用いる半導体レーザの駆動システムにおける雑音周波数10MHzでのR I Nと戻り光率の関係を比較して示す図である。

30

【符号の説明】

【0052】

- 1 光ピックアップ
- 2 半導体レーザ
- 3 駆動回路
- 4 ビームスプリッタ
- 5 信号再生用の光検出器
- 6 レーザ光検出用の光検出器
- 7 増幅回路
- 8 フィルタ回路
- 9, 9a, 9b レーザ光
- 9c, 9d, 9e 戻り光
- 10 光ディスク

40

【 図 1 】

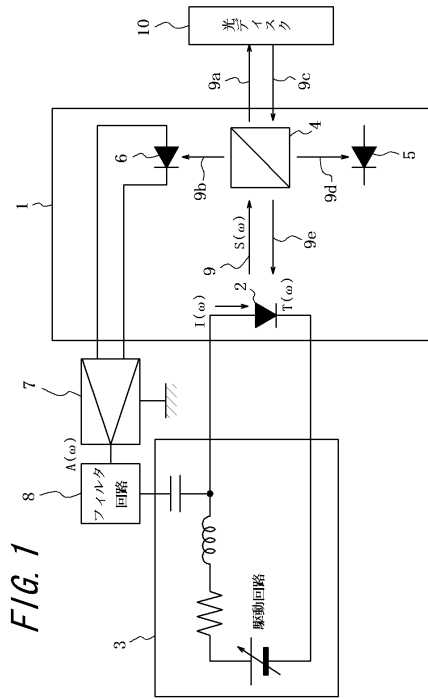


FIG. 1

【 図 2 】

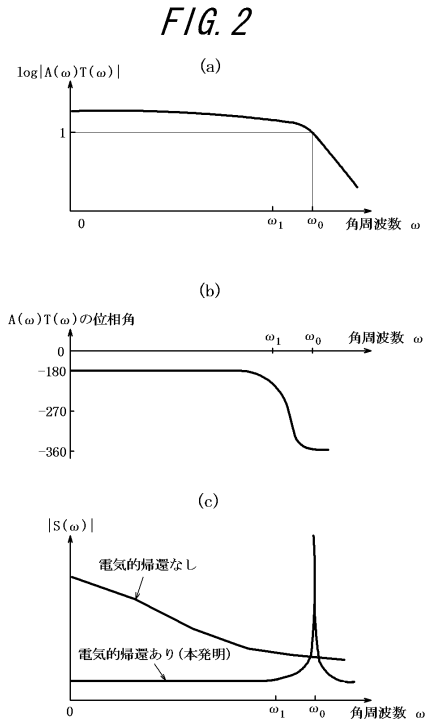


FIG. 2

【 図 3 】

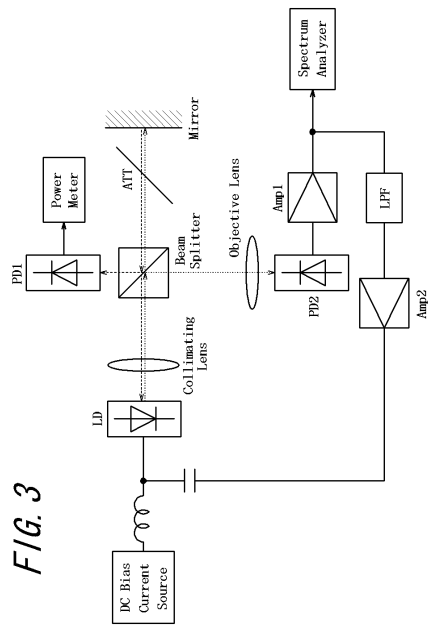


FIG. 3

【 図 4 】

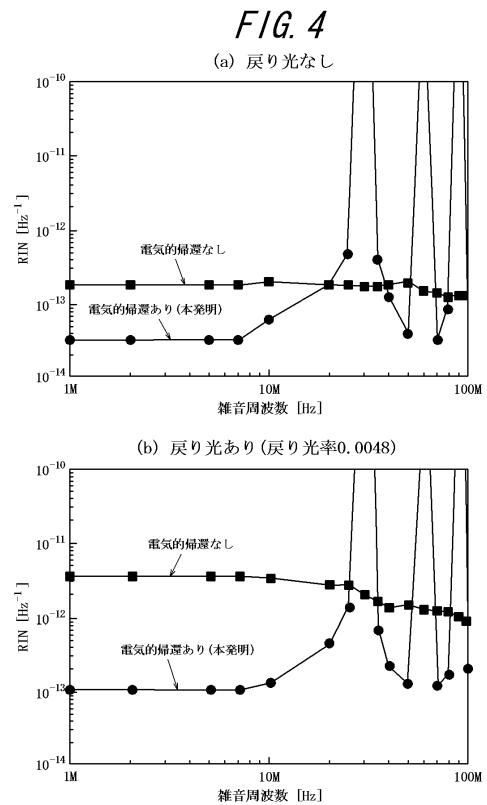


FIG. 4

(a) 戻り光なし

(b) 戻り光あり(戻り光率0.0048)

【 図 5 】

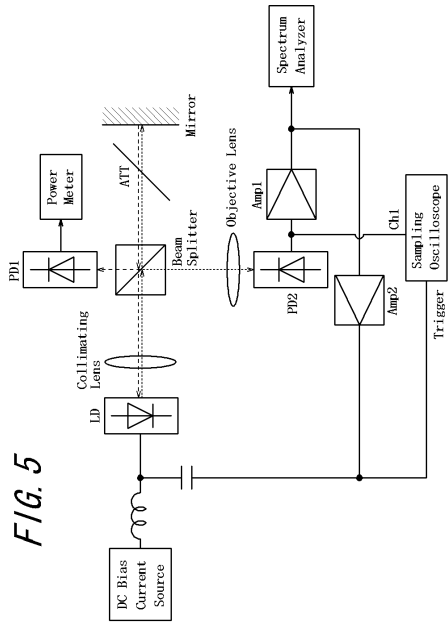


FIG. 5

【 図 6 】

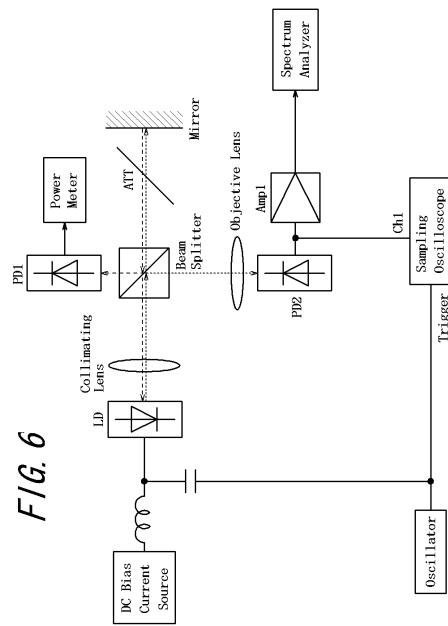


FIG. 6

【 図 7 】

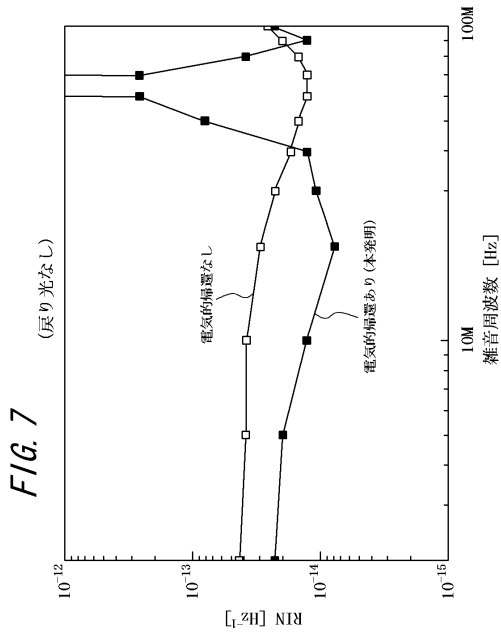


FIG. 7

【 図 8 】

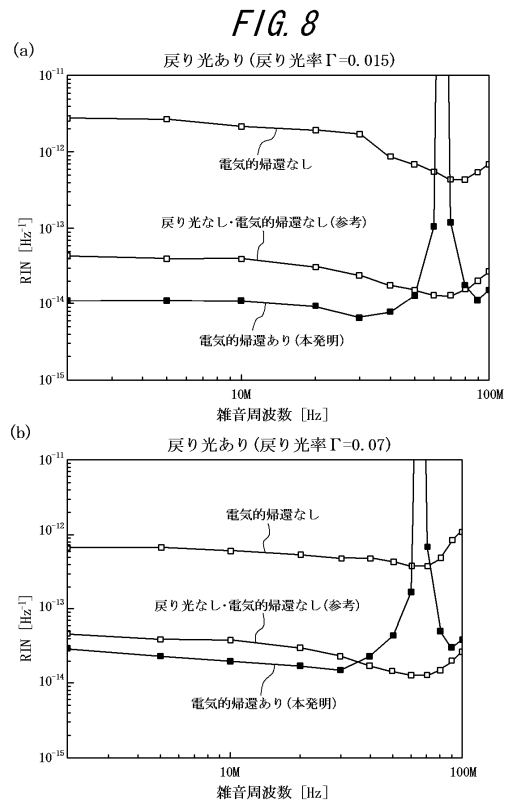
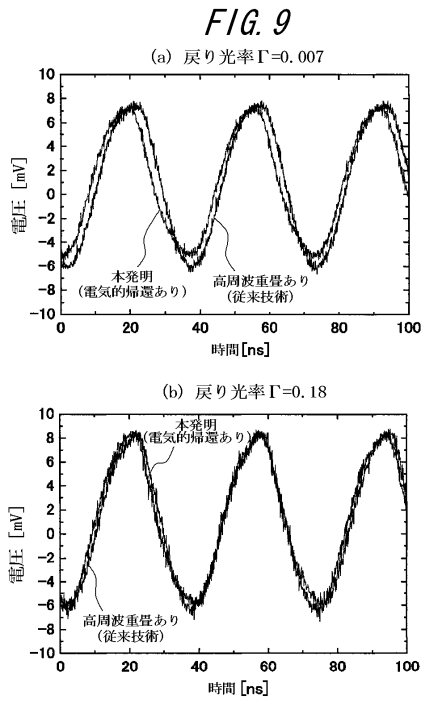
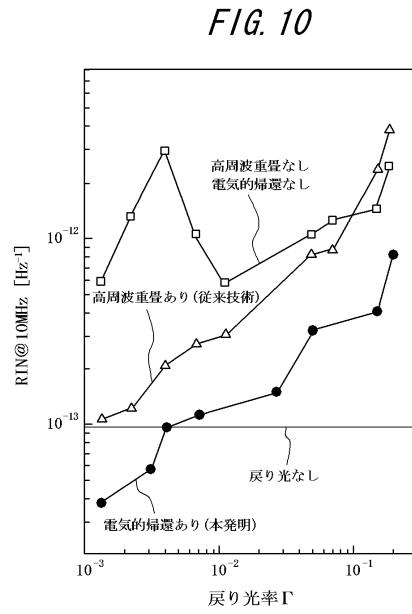


FIG. 8

【図9】



【図10】



---

フロントページの続き

(72)発明者 山田 実  
石川県金沢市角間町又7番地 国立大学法人金沢大学内

審査官 居島 一仁

(56)参考文献 特開2000-77774(JP,A)  
特開平5-129706(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01S5/00-5/42