



Title	1.5ミクロン波長帯MQWを用いた光横注入構造双安定レーザの研究
Author(s)	野中, 弘二
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40958
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	の 野 中 弘 二
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 3 6 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 9 年 7 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 名	1.5ミクロン波長帯 MQW を用いた光横注入構造双安定レーザの研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 小林 哲郎 (副査) 教 授 山本 錠彦 教 授 小林 猛 教 授 北川 勝浩

論 文 内 容 の 要 旨

光ネットワークのユーザ直近までの拡張(FTTH)を前提として、デジタル光信号処理システムに大きな期待が寄せられている。本研究では、そのような信号処理網の構築を目指す場合に必要になる、デジタル型の光スイッチ素子の実現をめざした。

有望なデジタル型の光スイッチとして、双安定レーザに着目した。レーザ出力共振器と、入力導波路が共通であることによる従来型双安定レーザのデジタル処理の不完全性を先ず明らかにした。次に、この課題解決のため、光横注入導波路の導入を検討した。光横注入型双安定レーザ(SILC-BLD)は、従来の双安定レーザと比較して、平坦な波長感度特性、入出力信号の分離、機能集積などの光デジタル素子の必要条件において有利であることを示した。

2つの導波路の交差点という数ミクロン角の小さな領域で、レーザのスイッチングにも十分な大きな光非線形性を得るには、MQWを可飽和吸収領域に用いることが必須である。MQWの光励起時の光非線形応答の振る舞いをエタロン型光双安定素子を用いて調べた。スイッチング速度に重要な励起キャリアの緩和寿命が、結晶作成後でもイオン注入で制御可能であることを確認した。

ビットごとに光信号を処理する光横注入型双安定レーザの特徴を生かすためには、高い光感度と高速信号への応答が要求される。応答特性の改善のために、レート方程式により動作特性を解析、改善指針を示した。光利得向上や緩和周波数の高速化のため、半導体埋め込み、MQW構成、素子形状、作成過程の改善を試みた。その結果、4 mA以下の低い閾値電流での発振、4 GHz以上の高繰り返し信号への応答を実現した。光NRZ信号では出力2.5 Gbit/s、パルスでは数GHz～数100 GHzの高繰り返し光信号の制御可能性を示した。

これらの素子特性を生かして、デジタル光システムにおける活用形態を提案し、その有効性を検証した。具体的には

- (1) 光デジタル再生増幅機能を利用したデジタル再生型の波長変換や、光バスクロスコネクトシステム中の光信号再生中継器
- (2) 入出力信号の不干渉性を利用した光ループメモリ

(3) 集積化されたゲート部と光ビットメモリ機能を利用した光直接 DEMUX 動作

(4) パルス発信モードと光帰還を利用した安定な光クロック再生

等への応用の可能性と適用速度領域を実験的に示した。この研究により、一定の速度範囲内では光横注入型双安定レーザがデジタル型の光スイッチ素子や光パルス制御素子として有効であることを示した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、著者が NTT 光エレクトロニクス研究所において行ってきたデジタル形光信号処理のキーデバイスの一つである光光スイッチ、双安定レーザに関する研究の成果をまとめたもので、本文 7 章と謝辞からなっている。

まず、出力レーザ共振器と入力光導波路が共通である従来の双安定レーザのもつ種々の問題点（強い波長依存、不完全な 2 値、入出力間干渉等）を明らかにし、その解決のため、レーザ共振器内の可飽和吸収部に制御光を直接導く光横注入導波路を設けた光横注入形双安定レーザ（SILC-BLD）を提案している。ついで、基本構成の簡便な素子を試作し、平坦な波長感度特性、良好な 2 値出力、入出力信号の分離などの静特性を調べ、この構成の有利性を示している。

次に、動的動作の鍵となる、MQW の光学非線形応答を実験的に調べ、発熱による問題点の改良の他、イオン注入等を用いたキャリアの再結合時間と拡散速度のスピードアップによるスイッチング速度の向上をはかっている。また、レート方程式による動特性解析から利得飽和係数、緩和振動周波数が高く、可飽和部のキャリア寿命が短い方が高速化に有利であることを明らかにしている。

以上の結果をもとに、InP 埋め込み、高エネルギーバリア MQW、短共振器、高電極間抵抗等を直交導波路構造に適用し、高効率、高速の双安定レーザを実際に作成し、いくつかの改良を加え、4 mA 以下の低い発振閾値電流、4 GHz 以上の高繰り返し光スイッチング応答を実現している。

最後に、この光横注入形双安定レーザの特徴、機能を生かしたデジタル光システムにおける様々な応用（光デジタル再生中継器と波長変換、光ループメモリ、光直接 DEMUX、クロック周波数抽出など）を試み、その有効性を GHz から数十 GHz 域で実証している。

以上のように、本論文はデジタル形光スイッチを実現するため、素子の構造的検討、解析から、素子作製、さらにはシステムへの利用形態の検討までを一貫して進めた意義ある研究成果をまとめたものであり、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。