

2.3.6 集積レーザーデバイス

栖原敏明

電気電子情報工学専攻・教授

2.3.6.1 はじめに

本研究室では、将来の光通信や光情報処理、量子情報処理のための半導体レーザーを中心要素とする各種の集積フォトニックデバイスに関する研究を推進している。以下では本年度成果の概要を報告する。

2.3.6.2 高出力分布ブラッグ反射型（DBR）レーザー

本グループ提案の曲線グレーティングとリッジ構造活性チャネルを用いた分布ブラッグ反射型（DBR）レーザー¹⁾を基本形として、非線形光学デバイスの励起光源や各種光集積回路の光源としての応用を目指した波長780nm帯の高出力・高スペクトル純度の半導体レーザーの設計・作製・性能改善を行った。DBRグレーティング領域量子井戸無秩序化による受動損失低減，1次結合グレーティングの採用による反射率改善，窓構造形成と出力端面低反射コーティングによる光学損傷閾値改善により高出力化を図り，外部微分量子効率を20%から56%まで改善するとともに，閾値電流56mA，サイドモード抑圧比37dBの単一モード発振，最大出力112mWの性能を達成した²⁾。

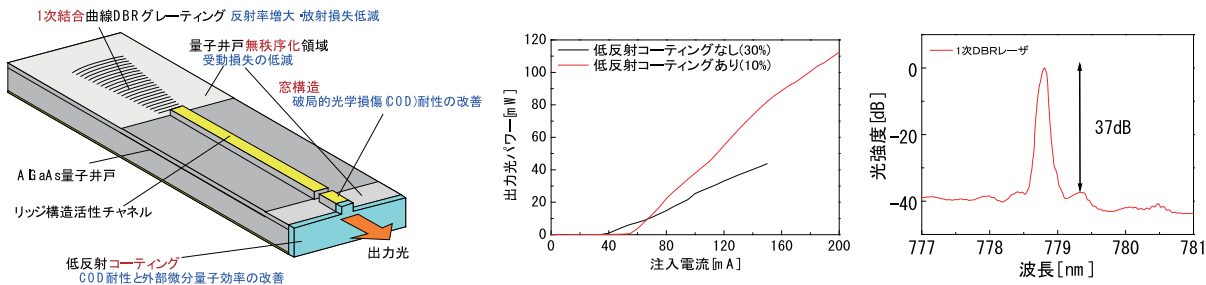


図2.3.6.1 AlGaAs量子井戸曲線グレーティング分布ブラッグ反射型レーザーの構造と発振特性.

2.3.6.3 導波モード変換器の導波モード解析と設計

リッジ型半導体レーザーの出力光を導波型非線形光学デバイスに高効率結合するための導波モード変換器の検討を行った。ビーム伝搬法シミュレーションにより，リッジ構造に適度な傾斜を設けることにより導波モードをレーザー部の垂直幅 $0.53\mu\text{m}$ 対称分布から垂直幅 $1.64\mu\text{m}$ 非対称分布に拡大変換でき，結合効率を33%から77%に改善できることを示した。リッジ導波路に網点パターンマスク分布露光とイオンエッチングでスロープを形成して導波モードを観測し，予測に近いモードサイズ変換機能を確認できた。

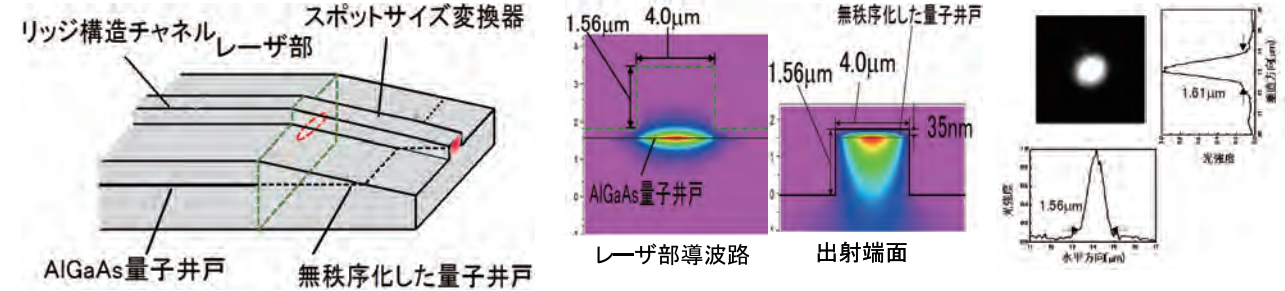


図2.3.6.2 半導体レーザー集積用傾斜導波路型モード変換器の構造とシミュレーションおよび実験結果.

2.3.6.4 多焦点グレーティング結合器集積DBRレーザー

バイオ蛍光センシングのための励起光源としての応用³⁾を目指して、半導体レーザーからの出力光を基板にほぼ垂直な方向に取り出して2次元配列の多焦点に集光する結合器を集積したDBRレーザーを設計・作成した。ホログラフィの原理に基づく集光グレーティング結合器のパターンを2次元セグメント分割し適当な周期的位相シフトを与えることにより、強度の等しい3×3および5×5焦点スポットアレイを出力する結合器を実現できることを示し、電子ビーム描画とイオンエッチングにより作製して基礎特性を確認した。また実際にGaInP DBRレーザー⁴⁾と結合器を集積化したレーザーを作製し、閾値電流30mA、注入電流70mAで出力0.2mWの400 μ m間隔3×3焦点を得た。

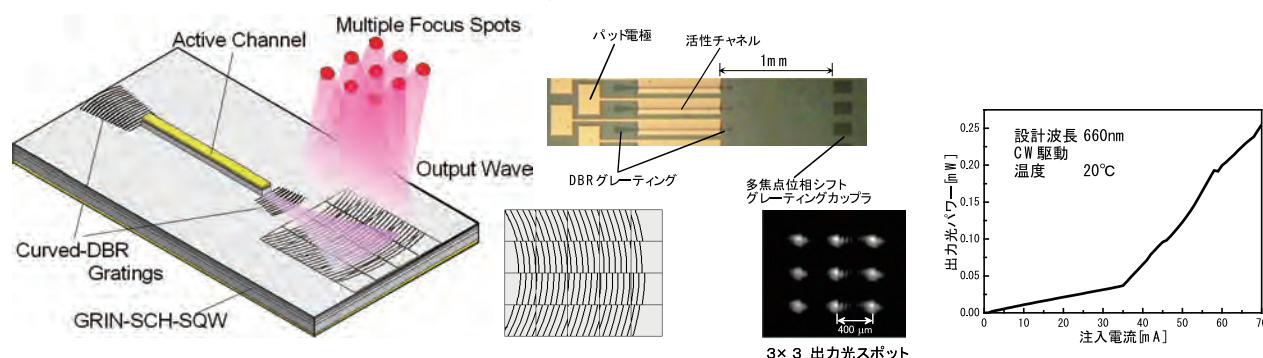


図2.3.6.3 多焦点グレーティング結合器集積DBRレーザーの構造とシミュレーションおよび実験結果。

2.3.6.5 量子光学機能導波型非線形光学デバイス

量子情報処理への応用をめざした集積量子フォトニックデバイスとして、LiNbO₃導波路非線形光学デバイスの検討を進めている。単一光子検出用和周波発生型光子波長変換デバイスの効率改善⁵⁾、直交偏波光子対発生デバイスによる偏波エンタングル状態発生⁶⁾、偏波エンタングル光子対発生用Type I 擬似位相整合デバイス⁷⁾、単一光子発生用非縮退光子対発生デバイスの作製と評価などの成果が得られた。

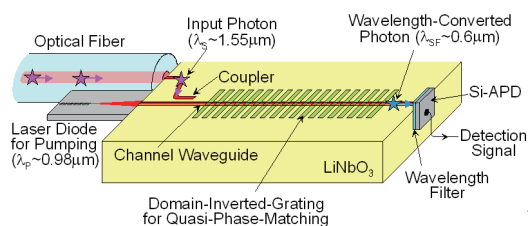


図2.3.6.4 単一光子検出用光子波長変換デバイス。

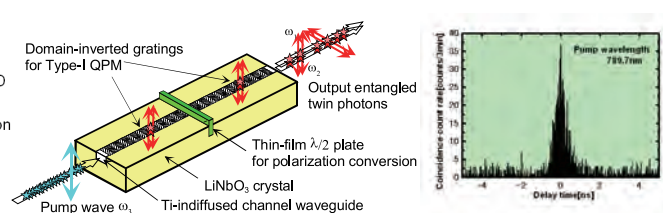


図2.3.6.5 偏波エンタングル光子対発生用Type I 擬似位相整合デバイスと光子相関測定結果。

1. M.Uemukai and T.Suhara: PR Conf. Lasers ElectroOptics, Seoul, ThA3-1, (Invited Paper) Aug. 26-31, 2007.
2. 池田, 上向井, 栖原: 平成20年春季第55回応用物理学関連連合講演会, 29p-ZQ-6 (2008-03).
3. M.Uemukai, Y.Yamada and T.Suhara: Microoptic Conf., J5, Takamatsu Kagawa, Oct.28-31, 2007.
4. 藤田, 上向井, 栖原: 平成19年秋季第68回応用物理学学会学術講演会, 8a-C-7, (2007-09).
5. M.Fujimura, H.Okabe, K.Beniya and T.Suhara: Jpn. J. Appl. Phys., vol.46, No.9A, pp.5868-5870, 2007.
6. T.Suhara, H.Okabe and M.Fujimura: European Conf. Integrated Optics, Copenhagen, ThE2, April 25-27, 2007; IEEE Photon. Tech. Lett., vol.19 No.14, pp.1093-1095, 2007.
7. 川島, 林, 藤村, 栖原: 平成20年春季第55回応用物理学関連連合講演会, 28p-ZG-3 (2008-03).