p.0

InGaAs系高利得量子井戸半導体レーザーの開発及び評価測定というタイトルで小松原望が発表させていただきます。

p.1

このような順番で発表を進めていきます。

p.2

まずは背景について説明いたします。短パルス光源を用いた研究分野である微細レーザー加工技術は微産業的応用の期待がされている分野です。このような短パルスを用いた技術の普及には扱いやすい光源が必要とされます。そこで本研究では光源として利得スイッチング短パルス半導体レーザーに着目しました。特徴としては、小型、扱いが容易でありこう安定であること、印加電流の繰り返しにより光パルスの繰り返しも自由に変えられる点そして、利得スイッチングに関しては近年の光励起実験により半導体内でのキャリアダイナミクスが解明されつつあり短パルス化の指針が立っているという点があげられます。

そこで本研究では応用上重要な電流注入型の1ミクロン波長帯InGaAs系半導体レーザにおける利得スイッチングパルスの高速化を目的とします。1ミクロン波長帯とはイッテルビウムドープファイバーによるアンプ技術が確立されている波長領域です。しかしこの波長帯での利得スイッチング動作の高速化に関する研究例は少ないため本研究では利得スイッチングの基礎物理に立ち戻ってレーザーダイオードのデザイン・開発・評価測定を行っていきます。

p.4では利得スイッチングについて説明させていただきます。現在報告されている電流注入による利得スイッチングパルスは最短で4.7ピコ秒という幅が報告されています。また一般に扱われている両用デバイスにたいして後で述べるような利得スイッチング実験を行ったところ80~200ピコ秒というパルス幅を得ました。

次に利得スイッチングの基本メカニズムを説明いたします。半導体内部のキャリアと光子のダイナミクスはこのような2順位系シングルモードレート方程式で記述されます。この式は単位活性層あたりのキャリア密度の時間変化とコア層全体の光子密度の時間変化を表す式でできています。キャリア密度の式の右辺を見ると第一項がキャリア注入、第二行が誘導放出、第三行が寿命による減衰を表しｍす。光子密度の式は第一稿が誘導放出による光の増加、第二行が共振器寿命ニヨル減衰第三行が自然放出を表します。このレート方程式を用いてインパルス励起を行った場合のキャリアと光子の時間変化の数値計算を行った結果がこの図です。赤の実践が光子密度、点線が右の軸で対数プロット。時刻0で２psインパルス励起を行います。その直後から緑線で表されるキャリア密度及び青線の利得が上がっていることが分かります。利得が大きい時には共振器内部を走る光は増幅を受け増幅していきます光子密度が大きくなるとキャリアを使って発振します。その直後から利得より損失がおおきくなり共振器寿命程度の速さで減衰します。これをまとめるとパルスの立ち上がりは誘導放出の大きさを決めるモード利得Γｇがきめ、立下りは共振器寿命が決めるということが示唆されます。モード利得については次のページで述べます。共振器寿命は共振器内部の損失の逆数として書け、このように表されますnは有効屈折率、ｃは真空中の高速、αは内部損失、Ｒはミラー損失Lは共振基調を表します。式を見ると共振器長Lを小さくすると共振器寿命が短くなり、パルスの立下りが短くなることが予想されます。

p.4次にひかりパルスの立ち上がり速さを決めるモード利得の増大について述べます。モード利得ΓgのΓは光閉じ込め係数でありレーザー内の光の分布とキャリアの分布の重なりの大きさを表します。量子井戸レーザでは量子井戸の層数を増やすことで光のモード内のキャリアの分布を増やすことが期待され、結果閉じ込め係数を増加できることが予想されます。近似的には層数をm倍すればΓもm倍となります。しかし本研究で着目している1ミクロン波長帯での発光材料InGaAsはGaAs基板上に厚く積むことができま線その理由は格子定数の違いです。gaAsよりも格子定数の小さいGaAsPをバリア層として歪を補償することにより井戸数を増やすことを行います。

p.5以上の背景を踏まえて目的を述べます。大きな目的としては利得スイッチング電流注入型の1ミクロン波長帯InGaAs系半導体レーザの高速化とします。本研究ではInGaAs/GaAsP歪補償多重量子井戸レーザーの作製及び電流注入測定を行うこととします。方針としては設計においては10周期歪補償レーザーと比較のため3周期の歪系レーザーをデザインします。デバイスの作製については結晶成長はオプトウェル社、フォトリソぐらふぃ加工はNTTAT社に外注します。試料の劈開やマウントを含むデバイス化は自分で行います。フォトリソグラフィに関しては、本発表での試料についてはすべて外注しましたが、本研究の結果を踏まえた新しいレーザーデバイス作製においては自分も参加し勉強しながら行っています。評価測定・解析に関しては電流注入測定を行います。まずはDC注入を行い、ウエハｎ品質評価を行い、量子井戸の多重化によるモード利得の増大が実現できるのか、の検証を行います。次にナノ秒電流注入による利得スイッチング動作を試みます　。

p.6 次に試料構造を説明いたします。まずは結晶構造を示します。下から順にGaAs基板、p型クラッド層、コア層、ｎ型クラッド層となっています。光はコア層(400μｍ)に閉じ込められます。コア層の中の活性層ですが、一つはInGaAs/GaAsの3周期歪量子井戸、もう一つはInGaAs/GaAsPの10周期歪補償量子井戸となっています。

p.7次にエピウエハ上の面としたの面に電極を蒸着します。そのさいのパターンによって2sh種類のレーザーデバイスを作製しました一つはべた電極を付けたブロードコンタクトレーザーです。電極のパッド幅をwとしてwは7種類さくせいしました。その後紙面の手前と奥を劈開してファブリーペロー共振器構造を作りました。この図のｚ方向に光が往復し、増幅をしながら出力します。正方形のパターンは測定用のもので下にはSiO2膜があり電球はパッドのみを流れるようになっています。共振基調は3種類柵瀬しました。

もう一つのパターンがリッジ導波型レーザーです。こちらはリッジを形成することでx方向の光閉じ込めを行いシングルモードレーザーにする役割があります。最終的なデバイスはこちらのデザインのものを使用します。子のリッジの幅をｗとして1.5μｍ幅、2.5um幅を作製しました。共振基調はまずはこの4種類を作製しました。

p.8次にそくていほうほうについて述べます。まずは定常電流注入です。回路図を示します。定常