

## 研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 低次元量子構造を用いる機能光デバイスの創製

2. 研究代表者名： 荒井 滋久（東京工業大学量子ナノエレクトロニクス研究センター 教授）

### 3. 研究概要

光ファイバ通信素子に適用可能な高品質の低次元量子構造（特に量子細線）形成法の確立とこれを用いる高性能レーザーおよび全光スイッチング素子の実現を目的とする。低損傷ドライエッチングによるナノ加工法の開拓と歪補償量子井戸構造の利用や再成長技術を駆使することにより、ほぼ任意形状の量子細線を実現し、室温での寿命が2万時間を超える $1.5\mu\text{m}$ 波長帯量子細線レーザーを実現した。全光スイッチング素子を、回折格子を組込んだ構造で実現し、100Gbit/sの高速応答の可能性を示すと共に、バルク結晶、量子井戸構造、量子細線構造に対する光誘起屈折率変化を測定・評価した。

### 4. 中間評価結果

#### 4-1. 研究の進捗状況と今後の見込み

電子線描画・エッチング・埋め込み再成長からなる他にはまねのできないトップダウン的ナノ加工技術で高品質量子細線レーザーを実現しているのは世界的にも本チームのみであり、研究のレベルは高い。量子細線レーザーの低閾値化や寿命試験も進め、ナノ加工法の信頼性を確立するなど、多彩かつ有用な結果を得ている。全光スイッチの研究でもバルクに較べて大きい光励起の屈折率変化の評価、偏光無依存の全光スイッチングを実現するなどの成果が得られており、チーム全体としても進捗は良好と認められる。

#### 4-2. 研究成果の現状と今後の見込み

InGaAsP 歪補償量子井戸の設計と成長および電子線描画とドライエッチングからなる独自のナノ構造形成法で、 $1.5\mu\text{m}$  帯量子細線 DFB レーザーを実現、 $J_{\text{th}}=176\text{A}/\text{cm}^2$ という量子井戸レーザーより低い閾値電流密度や、21,000時間以上の室温連続動作を達成した。また、誘電体やポリマー材料をクラッド層とするDFBレーザーを試作し、光励起で有望な特性を実現、偏光無依存の全光スイッチの実現などの成果も得ている。本ナノ加工技術を駆使し、量子細線の局所ひずみ制御、任意形状の低次元構造を有する光学デバイスへの展開や、ウェハ張り合わせ技術による高性能光デバイスなどへの発展も見込むことができる。

#### 4-3. 今後の研究に向けて

本研究では、産業的に実績のある半導体加工技術を極限までに発展させ、所望の構造とデバイス性能を実現するアプローチを採っており、産業化しやすい信頼性の高い成果を得ている。こ

の特徴を活かしてさらに高性能・高機能の新デバイスの実現と機能の集積化を期待する。また、物理の面では、細線構造を変形発展させた構造の探索も含めて、量子構造、量子効果の統一的知見が得られることを期待したい。この点で秋山チームとの連携によって量子細線光物性や素子機能の解明の努力も進めて欲しい。特許に関しては、本研究がデバイスよりのテーマであることを考えると、基本的な発明が含まれる可能性があり、少数の基礎概念について特許登録の努力も期待する。

#### 4-4. 戦略目標に向けての展望

量子細線など先端ナノ構造の質を高めることで、量子井戸レーザーを越える性能のレーザーなどが実現できることを実証することを、最優先の目標として研究が進められている。プロジェクト全体の目指す超高速・超省電力ナノ構造デバイスの研究開発という主旨に合致しており、目標達成の可能性も高い。

#### 4-5. 総合的評価

ひずみ補償高品質埋め込み量子細線の形成、量子細線 DFB レーザーの実現と特性解明、強い光閉じ込め効果を持つ新構造 DFB レーザーなどに関して優れた着実な成果を上げている。全光スイッチに向けた研究も、応答速度の改善の課題はあるが、発展が期待できる。全体として成果のレベルは高く、論文発表、国際会議発表も比較的順調である。基礎的な成果については特許化の努力も期待する。秋山チームとの共同研究も含め、プロジェクト後半において、さらなる成果が期待される。