

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名: 量子細線レーザーの作製とデバイス特性の解明

2. 研究代表者名: 秋山 英文 (東京大学物性研究所 助教授)

3. 研究概要

へき開再成長法によって作られる構造均一性の極めて高いT型量子細線を対象に、量子細線内の1次元励起子の特性を明らかにするとともに、レーザー素子を作製し、低発振閾値や高微分利得などを実証することを目指している。光励起を用いてレーザー発振を実現し、その特性や発光利得吸収スペクトルなどの計測と解析を行うとともに、理論的な解明を進めてきている。さらに、試料の高品質化、高温動作、電流注入レーザーの作製に向けて実験が進行中である。

4. 中間評価結果

4 - 1. 研究の進捗状況と今後の見込み

ベル研との共同研究により、へき開面上の再成長を利用するユニークな技術で断面形状をよく制御した量子細線を作製し、そのPL、PLE(PL Excitation)、顕微PL測定から1次元における励起子、励起子分子の基礎的な振る舞いを明らかにしてきたことは評価できる。理論的にも理想的な一次元系の励起子に対する研究が進展しており、実験との比較も興味深い。一方この細線では、キャリアの閉じ込めが弱い弱点があり、当初計画した電流注入発振には至っていない。実験・理論グループ間の交流を意識的、意欲的に進めていることは評価できる。また、他チームとの連携が進められており新たな展開も期待できる。本研究のレーザー構造は、応用面から見れば大量生産に不向きであるが、断面形状がよく制御された細線の光物性の解明は重要である。実験と理論が両輪で研究を展開できるグループ構成になっており、非常に妥当な体制である。

4 - 2. 研究成果の現状と今後の見込み

構造や組成の制御性が高いT型 GaAs 量子細線およびそれを用いたレーザー構造の製作に成功している。その光学特性および光励起でのレーザー発振特性の基礎的知見が得られている。理論面では、擬 1 次元電子 正孔系の理論解析を行い、1次元系の状態密度や励起子で説明されてきた量子細線の発光の従来の描像を再吟味し、電子間相互作用にもとづく量子多体状態を解析し、その関与の重要性を指摘した。1 次元量子構造のレーザー特性に加えて、非線形性の起源となる励起子や励起子分子の振る舞いが明らかになりつつある。実験と理論との比較により理想的な 1 次元光物性を議論する素地ができつつある。物性科学としては順調な成果が期待できる。電流注入レーザー発振に関しては困難が予測されるが、その克服も期待する。

4 - 3. 今後の研究に向けて

T型 GaAs 量子細線は基礎物性の研究には適しており、実用的レーザーへの展開は期待しに

くい。しかし、基礎科学的知見を提供することにより、プロジェクト全体が目指す超高速・省電力デバイスの実現に量子細線がどこまで貢献できるかを明らかにすることができる。今後細線の性能の向上により、細線の光学物性や素子機能を明らかにすることが望まれる。この意味で、実用的な1.5 μm 帯量子細線レーザーを研究する荒井チームとの連携と共同研究は極めて好ましい。現在、物性研究とデバイス研究の両方を対象としているが、CREST 研究には基礎をしっかり押さえる研究もあるべきであり、理想的な一次元系が作成できるメリットと理論(小川)グループとの共同を考えると、1次元系での光物性解明の研究を重点的に進め学問的に高いインパクトを持つ成果を出す方向を選択するのが得策と思われる。なお、電流注入型レーザーの実現のための努力も進め、その技術的課題も明らかにしてほしい。

4 - 4 . 戦略目標に向けての展望

形状がよく制御された細線の物性探求は基礎的研究であるが1次元系のナノ構造の素子応用可能性に関する知見が得られるので戦略目標に合致している。プロジェクト内において実験・理論チームの共同研究、プロジェクト外グループとの交流なども強化し、量子細線に関する物理を明らかにし、デバイス応用の基礎を築くことによって目標が達成可能と思われる。

4 - 5 . 総合的評価

へき開再成長法を用いて高品質な量子細線を作製・評価し、理論チームとの密接な検討により、1次元励起子や細線のレーザー発振に関し重要な知見を得ている。より実用的な量子細線レーザーを研究する荒井チームとの連携研究により、多様な量子細線の光物性に対する総合的知見を得るとともに、電流注入型量子細線レーザーの振る舞いについて深い知見が得られることは高く評価できる。良質な細線に関する詳細な光物性計測と実験家と理論家との協業により、1次元系レーザーの基礎的研究として世界的にすぐれた成果(論文・特許)を期待する。