

量子細線における光学利得と多体効果

Optical gain and many-body electron interaction effects in quantum wires

吉田正裕・秋山英文*

M. Yoshita, and H. Akiyama

東京大学物性研究所
Institute for Solid State Physics
(ISSP), University of Tokyo

【目的】本研究では、へき開再成長によって作製した高品質の量子細線レーザー構造および FET 型デバイスに対して、種々の光学物理計測を行って、量子細線レーザー中の光学利得メカニズムや多体効果などの物理を解明することを目的としている。さらにそれらの知見をもとに、電流注入レーザーの開発を進め、低しきい値電流の検証を行うことを目的としている。

【研究方法】ノンドープの光励起量子細線レーザーに対して、PL 励起強度依存性測定、導波路放出光測定とそのハッキ・パオリ・キャシディーの方法による解析を行って、各キャリア濃度に対する光学利得スペクトルを求め、物理過程の検討を進めた。ゲート電極を設けた n 型ドープ単一量子細線 FET 型デバイスに対して、PL および PLE 測定を行い、キャリア濃度の変化に応じた吸収と発光のスペクトルにおける一次元性と多体効果の検証を行った。電流注入型のレーザー構造を設計・試作し、I-V 特性、EL、PL などの計測評価を開始した。

【結果・考察】ノンドープ光励起量子細線レーザーでは、電子正孔キャリア濃度の増加と

ともに励起子吸収が消失して連続的な吸収に変化し、やがて利得が発生する様子が明らかになった。利得はフェルミレベル近傍にピークを持つことが分かり、これは 1 次元系におけるクーロン相互作用の特徴を反映したものであることが示唆される。小川チームの理論計算との一致も得られつつある。

n 型ドープ単一量子細線 FET 型デバイスでは、1 次元状態密度とフェルミ分布を反映したモデル計算によく一致する吸収スペクトルが得られた。現在の測定条件ではフェルミ端異常などの多体効果は観測されなかった。小川チームの理論計算との比較検討が進行中である。

電流注入レーザーは、まだレーザー発振に至っていない。しかし、光励起でレーザー発振するかどうかを試したところ、多モードレーザー発振が確認された。また、エレクトロルミネッセンスも観測され、EL スペクトルや I-V 特性をもとに改善点の検討が進んでいる状況である。

【まとめ・今後の方針】ノンドープ及び n 型ドープ量子細線のキャリア濃度依存の発光・吸収・利得スペクトルが全て取得できた。今後は理論との比較を行いながら機構解明を進める。電流注入レーザーの設計、プロセス技術、評価の改善を進めつつ、レーザー発振と低しきい値電流の検証を目指す。

参考文献

なし (上記の成果は全て未発表)

*他の研究メンバー：(東大物性研) 早水裕平、鵜沼毅也、高橋和、伊藤弘毅、井原章之、稲田智志、岡田高幸、岡野真人、(阪大理) 小川哲生、浅野建一、高際睦起、富尾祐、懐平