

## 審査の結果の要旨

論文提出者 肖 熠

本論文は“Research on wavelength-scale metal-clad semiconductor lasers and their waveguide coupling (波長スケール金属共振器半導体レーザとその導波路結合に関する研究)”と題し、InP 系の極微小金属光共振器半導体レーザを試作実証した結果と、同レーザと外部光導波路を高効率に結合する構造について研究した結果について英文で纏めたものであり、6章より構成されている。

第1章は序論であって、研究の背景、動機、目的と、論文の構成が述べられている。

第2章は“Basics of small lasers”と題し、本研究で対象とする極微小金属共振器レーザの通常の半導体レーザと比較した利害得失について論じている。まず従来の半導体レーザの概要を述べた後、デバイス微細化のための金属-絶縁体-金属(MIM)光導波路について論じ、最後に微小共振器レーザが持つ特長、即ち自然放出係数の増大とパーセル効果を通じた動作速度の向上について述べている。

第3章は“Device fabrication”と題し、本研究での極微小金属共振器半導体レーザ素子の作製プロセス技術および作製手順について論じている。まず素子試作の全体の流れを、単体素子と光導波路結合型素子のそれぞれについて、詳しく示している。続いて、試作プロセス技術の中で、本研究で特に注意を払い、その結果素子の試作が可能となったいくつかの重要項目について、詳しく論じている。具体的には、電子線リソグラフィーにおける新たなネガレジストの導入とそれによる側壁粗さの低減、同レジストでパターンを形成する際の近接効果の補正、同パターンを正確に InP 系半導体多層構造に転写するためのドライエッチング条件最適化、共振器を金属で覆うための蒸着技法、素子表面処理技術のそれぞれについて、小節を立てて論じている。

第4章は“Light-injection wavelength-scale metal-coating laser”と題し、試作した各種の InP 系単体極微小金属光共振器について、光励起によりレーザ発振を誘起して特性を比較したことについて論じている。まず金属種、絶縁膜種、カプセル形や蝶ネクタイ形等、素子設計上の留意点について述べた後、単体素子を測定する実験系について述べている。続いて、カプセル形共振器および矩形共振器において、低閾値光励起室温レーザ発振に成功したことが詳述されている。共振器形状の違い、サイズの違いが特性に及ぼす効果についても比較検討が行われている。さらに、微小ディスク光共振器におけるレーザ発振についても述べている。

第5章は“Waveguide-coupled capsule-shaped cavity”と題し、出力光導波路と結合したカプセル形極微小金属光共振器について論じている。まずここで提案する外部光導波路との高効率結合構造を示した後、光結合特性の詳細な解析と設計が行われている。続いて導波路結合素子の測定系について述べ、最後に InP 系導波路一体化素子の電流励起動作特性を示している。電流励起によるレーザ発振には至っていないものの、結合した出力光導波路端から自然放出光を検出することには成功している。

第6章は結論であって、得られた成果を総括するとともに将来展望について述べている。

以上のように本論文は、金属被覆した波長スケールの極微小光共振器を有する InP 系半導体レーザについて、プロセス技術の高度化を通じて素子を実現し、低閾値光励起室温発振に成功するとともに、同レーザと出力光導波路を高効率に結合する構造について研究し、導波路一体化素子を試作して、電流励起による発光を導波路を介して観測することに成功したものであって、半導体光デバイス工学への貢献が少なくない。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。