

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	共振器内表面構造制御VCSELのモード制御と帯域幅向上に関する研究
Title(English)	Study on Mode Control and Bandwidth Enhancement of Intra-cavity Surface Engineered VCSELs
著者(和文)	GEChang
Author(English)	Chang Ge
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12695号, 授与年月日:2024年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:植之原 裕行,小山 二三夫,中村 健太郎,西山 伸彦,宮本 智之,渡辺 正裕,粕川 秋彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12695号, Conferred date:2024/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	GE Chang	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	植之原裕行	教授	宮本 智之	准教授
	審査員	小山二三夫	特任教授	渡辺 正裕	准教授
		中村健太郎	教授	粕川 秋彦	学外審査員
西山 伸彦		教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Study on Mode Control and Bandwidth Enhancement of Intra-cavity Surface Engineered VCSELs」(共振器内表面構造制御面発光レーザのモード制御と変調帯域向上に関する研究)と題し、英文7章から構成されている。

第1章「Introduction」(序論)では、スーパーコンピュータやデータセンターにおける光インターコネクタ用光源として広く用いられている面発光レーザの現状と高速化の課題について述べるとともに、これまでの高速化の手法について概観し、本研究の目的を述べている。

第2章「Mode control and bandwidth enhancement of VCSELs」(面発光レーザのモード制御と変調帯域向上)では、面発光レーザを用いた単一モード光ファイバ高速伝送を実現するために、面発光レーザの横モード制御と変調帯域拡大の手法について述べている。第一の構造は、共振器内に形成した金属開口と酸化狭帯構造との横方向共振を用いた結合共振器構造であり、単一横モードと高速化が両立できることを述べている。さらに、表面回折格子により単一モード化を可能にする第二の構造を提案し、横方向に結合共振器を付与することで、高速化も同時に可能にする可能性を示唆している。

第3章「Metal-aperture and surface relief for high speed VCSEL」(高速面発光レーザのための金属開口構造と表面構造制御)では、高速化と単一モード動作を実現するために、共振器内に形成した金属開口構造と浅い表面構造を有する結合面発光レーザの製作、発振特性、横モード制御、直接変調特性の実験結果について述べている。横モード制御については、酸化開口径 $7\mu\text{m}$ まで拡大しても単一モード発振が得られることを実験的に実証し、高速化については、波長 1060nm 帯の面発光レーザとしては、世界最速の 3dB 変調帯域 31GHz が得られたと述べている。さらに、温度 55°C までの高温特性を明らかに、 55°C での光出力の減少が 0.5dB 以下の良好な温度特性を確認し、変調帯域 25GHz の高速変調特性を維持していることを示している。

第4章「Intra-cavity metal-aperture VCSEL for single-mode fiber data transmission」(単一モード光ファイバ伝送のための金属開口面発光レーザ)では、金属開口面発光レーザを用いた単一モード光ファイバ伝送の実験結果について述べ、波長 1060nm 帯での負の波長分散とレーザの波長チャープにより、実効的な帯域改善が得られることを示している。伝送距離 10km 、NRZ (Non-Return-to-Zero) 変調で 45Gbps を実現し、伝送距離・容量積として、 $450\text{Gbps}\cdot\text{km}$ の面発光レーザを用いた伝送としては世界最高値を得たと述べている。また、多値変調の PAM4 (Pulse Amplitude Modulation 4) では、伝送距離 2km で 110Gbps の高速変調を実現したと述べている。

第5章「Design of surface grating VCSELs」(表面回折格子面発光レーザの設計)では、第2章で述べた表面回折格子による面発光レーザの単一モード動作と低しきい値動作を得るための設計指針を明らかにしている。表面回折格子の深さと共振器内の形成位置を制御することで、共振器長を 20mm 以下まで単共振器化が可能であり、単一モード動作と低しきい値動作の両立が可能であると述べている。

第6章「Fabrication and characterization of surface grating VCSEL」(表面回折格子面発光レーザの製作と評価)では、電子ビーム露光により表面回折格子を形成した面発光レーザの製作し、表面回折格子を形成することで、共振器長 $200\mu\text{m}$ の構造でも単一モード動作が実現できることを示している。

第7章「Conclusion and prospective」(結論と展望)では、本研究で得られた成果を総括し、将来展望について述べている。これを要するに本論文は、面発光レーザの共振器内に形成した表面構造によるモード制御と高速化の手法を構築するとともに、波長 1060nm 帯面発光レーザにおける単一モード動作と世界最速の高速変調を実現し、長さ 10km におよぶリンク距離を実現したもので、工学上ならびに工業上寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認められる。