

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study on 1060nm VCSEL arrays for co-packaged optics
著者(和文)	DONGLIANG
Author(English)	Liang Dong
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12694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12694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

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	DONG Liang	
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 1060nm VCSEL arrays for co-packaged optics」(コパッケージドオプティクスのための1060nm帯面発光レーザアレイに関する研究)と題し、英文6章から構成されている。

第1章「Introduction」(序論)では、データセンターにおける光インターコネクとそこで用いられる光トランシーバの現状について概観し、光素子を電子回路に混載するコパッケージドオプティクスの現状と課題について明らかにし、面発光レーザアレイとマルチコアファイバとの直接光結合を用いたコパッケージドオプティクスの基盤技術構築が本研究の目的であると述べている。

第2章「Design of VCSEL arrays for co-packaged optics」(コパッケージドオプティクスのための面発光レーザアレイの設計)では、面発光レーザアレイと、レンズなどの光学素子を介さずマルチコアファイバとの直接光結合を用いたコパッケージドオプティクスの構成を提案している。裏面出射型面発光レーザアレイをフリップチップ搭載して、マルチコアファイバと光結合を行う形態について、その利点を明らかにし、それを実現するための横モード制御と高速化を可能にする結合共振器構造について述べている。

第3章「Fabrication and characteristics of 1060nm VCSEL arrays」(1060nm帯面発光レーザアレイの製作と特性)では、コア間隔40 μm の16コアを有するマルチコアファイバに適合するように、細密充填構造の高密度2次元16chアレイを設計・製作し、その発振特性について明らかにしている。高密度2次元アレイと単一横モード動作を両立するために、金属開口を用いた結合共振器面発光レーザ構造を導入し、その帯域改善効果についても述べている。裏面出射構造で、しきい値電流0.6mA、光出力3mW、16ch全チャンネルでの均一な単一モード発振特性について明らかにしている。同時に、マルチコアファイバとの直接光結合を可能にするモードフィールド径5 μm の良好な単峰性ビームが得られていると述べている。さらに、アレイ素子間の熱干渉についても実験的に考察し、同時駆動下でもその影響は小さいことを示している。

第4章「High speed modulation characteristics」(高速変調特性)では、第3章で述べた1060nm帯面発光レーザアレイの高速変調特性について明らかにしている。結合共振器構造により、変調帯域が約50%増大し、3dB帯域として25GHzの小信号変調特性を示している。同時に行った大信号変調では、25GbpsのNRZ(Non-Return-to-Zero)変調を16chの全チャンネルで実現し、1mm角のアレイ素子で400Gbpsの大容量伝送を可能にできると述べている。さらに、浮遊容量の低減などの改善を進め、16ch全チャンネルで50GbpsのNRZ変調を確認するとともに、多値変調のPAM4(Pulse Amplitude Modulation 4)を活用することで、100Gbpsまでのアイ開口を実現している。また、長さ2kmの単一モード光ファイバ伝送を行い、90GbpsのPAM4変調のアイ開口を確認したと述べている。

第5章「Optical coupling with Multi-core Fiber」(マルチコアファイバとの光結合)では、第3章で述べた裏面出射型面発光レーザアレイとマルチコアファイバとの光結合評価系を構築し、レンズなどの光学素子を介さない直接光結合での結合損失を計算と実験から評価している。ガウスビーム光学系による結合損失の計算では、モードフィールド径をマルチコアファイバと整合させることで、基板厚さ100mmの裏面出射においても、結合損失1dB以下が可能との予測を得ている。実験的には、結合損失3.5dBを得て、モードフィールド径の不整合や位置ずれ、角度ずれなどの過剰損失の要因を考察している。

第6章「Conclusion and future prospect」(結論と将来展望)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、裏面出射型面発光レーザアレイとマルチコアファイバを用いたコパッケージドオプティクスの構成を提案し、マルチコアファイバとの直接光結合を可能にする高密度2次元面発光レーザアレイを実現するとともに、良好な単峰性出射ビームと高速変調動作を実証したもので、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。