

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	フリップチップ実装技術を用いた光送信器の高速化に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	金澤慈
Author(English)	Shigeru Kanazawa
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10219号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小山 二三夫,浅田 雅洋,植之原 裕行,渡辺 正裕,宮本 智之
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10219号, Conferred date:2016/3/26, 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	金澤 慈	
論文審査 審査員		氏名		職名	氏名	職名
	主査	小山二三夫		教授	渡辺 正裕	准教授
	審査員	浅田 雅洋		教授	宮本 智之	准教授
		植之原裕行		教授		

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「フリップチップ実装技術を用いた光送信器の高速化に関する研究」と題し、5 章から構成されている。

第 1 章「序論」では、まず、高密度高速配線実装技術が必要となっている背景について説明し、次いで、従来型の実装技術であるワイヤ接続技術を用いた場合の課題を整理し、本研究の目的、本論文の構成について述べている。

第 2 章「高密度高速配線実装技術」では、従来型実装技術の比較、および新たに提案した実装技術について説明している。まずは、従来型ワイヤ接続を用いた広帯域化構造として三次元配線構造を提案し、4 チャンネル電界吸収型変調器集積分布帰還型 (EADFB) レーザアレイの TOSA(Transmitter Optical Sub-Assembly)の試作結果について述べている。作製した TOSA を用いて、100Gbit/s でのシングルモードファイバ(SMF)10km 伝送実験を行い、全チャンネルでエラーフリー動作を実現したと述べている。次に、帯域劣化、チャンネル間クロストーク増加の要因となっているワイヤ接続部を不要とするフリップチップ実装技術を提案し、高周波特性改善に適した光送信モジュールの構造設計を行っている。さらに、本技術適用による帯域改善効果を明らかにするため、シミュレーションによる、ワイヤ接続、フリップチップ接続での EADFB レーザ実装時の周波数応答特性の比較を行い、提案構造の有効性を明らかにしている。

第 3 章「フリップチップ実装直接変調 DFB レーザ」では、直接変調レーザへのフリップチップ接続技術の適用結果について述べている。まず、フリップチップ接続技術に適した DFB レーザ構造の検討結果をもとに、光送信モジュールを作製し、ワイヤ接続とフリップチップ実装での周波数応答特性の比較結果から、フリップチップ接続が帯域改善に有効であることを明らかにしている。加えて、フリップチップ実装モジュールの 25.8Gbit/s 変調での SMF10km 伝送後もエラーフリー動作を実現したと述べている。次に、4 チャンネル直接変調レーザアレイの小型 TOSA を作製し、100Gbit/s 動作時、SMF30km 伝送後、全チャンネルでエラーフリー動作を実現したと述べている。

第 4 章「フリップチップ実装電界吸収型変調器集積 DFB レーザ」では、EADFB レーザへのフリップチップ接続技術の適用結果について明らかにしている。まず、4 チャンネル EADFB レーザアレイモジュールへのフリップチップ接続技術適用を検討し、併せて三次元配線構造ワイヤ接続モジュールも作製し、周波数応答特性、クロストーク特性について、シミュレーション、実験、両方での比較を行い、フリップチップ接続技術が広帯域化、低クロストーク化に有効であることを実証している。また、フリップチップ接続モジュールを用いて、112Gbit/s 動作時、SMF10km 伝送後もエラーフリー動作が得られることを確認している。次に、フリップチップ接続 8 チャンネル EADFB レーザアレイモジュールの 400Gbit/s 動作について述べ、4 から 8 チャンネルへのチャンネル数増大に対しては、熱圧着接合方式から、吸収可能な高さ誤差拡大に有効な接着剤接合方式を新たに導入している。1 チャンネルあたりの高速化については、等価回路モデルを用いたシミュレーションによって、変調器長を最適化することで対応している。作製したモジュールを用いて、400Gbit/s 動作、SMF 10km 伝送後も良好なアイ波形を得ることができたと述べている。最後に、100Gbit/s 動作単チャンネル EADFB レーザモジュールの高速動作について明らかにしている。帯域の劣化要因となっていた高周波配線板のビアを不要とする実装構造を新たに提案するとともに、パッケージによる帯域劣化を補償するための終端回路設計技術を導入することで高速化を実現したと述べている。これを用いて、103Gbit/s NRZ 信号の世界最速の変調実験を行い、良好なアイ開口を実現したと述べている。

第 5 章「結論」では、本研究で得られた成果を総括している。

以上を要するに、本論文は、高密度、広帯域、平坦な周波数応答特性を示すフリップチップ接続技術を新たに提案し、直接変調 DFB レーザ、EADFB レーザモジュールへ適用することで、100Gbit/s 超高速動作光送信器実現の可能性を示したものであり、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。