

氏 名	ひら まつ せい き 平 松 星 紀
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3901 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Optical Properties and Applications of Three-dimensional Waveguide Arrays for Optoelectronic Interconnections (光電気複合実装用 3 次元光導波路の光学特性と応用)
論文調査委員	(主 査) 教 授 平 尾 一 之 教 授 田 中 勝 久 教 授 川 崎 昌 博

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は短パルスレーザー光照射により生じる石英ガラス内部の屈折率変化を利用した光導波路形成の研究をまとめるとともに、石英光導波路と高分子光導波路を使用した 3 次元光導波路の光学特性にも言及している。さらに、これらの 3 次元光導波路を応用した新規な光路変換デバイスとして、従来にない高密度実装を可能にする光電気複合実装のキーデバイスに関する基礎研究と応用研究も行った興味深い成果をまとめたものである。本論文は以下に示す章から成っている。

第 1 章 1 節では短パルスレーザー光を用いた石英ガラス内部へのシングルモード光導波路の形成と光学特性について議論しており、照射エネルギーの増大に伴って光導波路のコア径と NA が広がり、シングルモード光ファイバと低損失で光結合できることを明らかにしている。2 節ではレーザー描画法を活用した 3 次元光導波路の作製と光学特性について述べており、石英ガラス中を連続描画することで光学損失が小さくチャンネル間の特性変動が少ない光路変換デバイスが作製できることを実証している。3 節では作製したデバイスを応用した光バックプレーン用コネクタについて述べており、240 Gbps のトータルスループットを持ち市販コネクタと容易に接続する光バックプレーンコネクタが従来の 1/10 サイズ以下に高密度化できることを明らかにしている。

第 2 章 1 節では高分子マルチモード光導波路を活用した光路変換デバイスの作製と光学特性について議論しており、光学損失や信号伝送時のクロストークについて明らかにしている。2 節では光路変換デバイスを応用したピグテール型コネクタについて述べており、光素子との結合損失や実装精度および 10 Gbps/ch の高速伝送特性を実証している。3 節では表面実装用のレセプタクル型コネクタについて述べており、光素子が光導波路上に直接実装できることから市販コネクタとの低損失な光結合と 40 Gbps のスループットを持つ実用性の高いものであることを明らかにしている。4 節ではシングルモード光導波路と同様に光バックプレーン用コネクタを研究し、10 Gbps/ch の高速伝送特性を実証している。5 節ではピグテールコネクタを活用して 0.8 Tbps のスループットを持つ超小型の光電気複合実装モジュールを実証し、さらに 64 チャンネルの多並列伝送を行った 2000 万画素表示用の光画像伝送システムを実証している。

以上のように、本論文は、光導波路の光学特性という視点からなされた研究ではあるが、当該分野だけでなく新規な光学デバイスを創り出した応用研究として重要な知見を提供している。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、短パルスレーザーの集光照射による石英ガラス内部の屈折率変化を利用した光導波路形成に関する一連の研究結果と、作製された 3 次元光導波路の詳細な光学特性の結果をまとめたものである。さらに、シングルモード型、およびマルチモード型 3 次元光導波路を応用した新規な光路変換デバイスとして高密度実装を可能にする光電気複合実装のキーデバイスを考案し、その実用化に向けた基礎研究と応用研究を行った興味深い研究成果も含めている。得られた主な成果は以下の通りである。

1. 短パルスレーザーの集光照射を用いたシングルモード型石英導波路の描画条件と光学特性について議論し、照射エネ

ルギーの増大に伴って光導波路のコア径と NA が広がることからレーザー描画で形成した光導波路がシングルモード型光ファイバと低損失で光結合できることを明らかにしている。また 3 次元光導波路は、ガラス内部を連続描画することで従来よりも簡便に作製できることを実証している。

2. 高分子材料を用いたマルチモード型光導波路では光学損失やクロストークが小さく、光学特性上実用レベルにあることを明らかにしており、その 3 次元光導波路はウェハ積層法を活用して作製できることを実証している。これらの 3 次元光導波路を活用したバックプレーンコネクタは 10 Gbps/ch の伝送特性を持ち、コネクタサイズを従来のファイバ曲げ型に比べて 1/10 サイズ以下にできることを明らかにしている。
3. コネクタフェルールと一体化したレセプタクルコネクタは光素子を光導波路上に直接実装できるため低損失で光結合できることを明らかにしている。また研究レベルでも 40 Gbps のスループットを持つ実用性の高い応用デバイスであることを実証している。
4. 光ファイバと一体化したビッグテールコネクタは 0.8 Tbps のスループットを持つ超小型の光電気複合実装モジュールに応用できることを明らかにし、2000 万画素表示用の光画像伝送システムとして使用できることも明らかにしている。

以上要するに、本論文は、短パルスレーザーを用いたガラス材料内部の屈折率変化を利用して光導波路の形成に関する研究を行うとともに、それらを活用して光電気複合実装を小型化する新しいデバイスを開発した研究を行っている。またデバイスだけでなく、画像伝送システムなど新しい光電気複合実装システムへの開発も行っている。これらの成果は、光学材料の研究として重要な知見を数多く提供しており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。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る。また、平成 18 年 2 月 17 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。