



Title	フォトリフラクティブ光導波路による動的3次元光接続とその応用に関する研究
Author(s)	的場, 修
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/39779">https://hdl.handle.net/11094/39779</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	ま と ば おさむ 的 場 修
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 4 8 2 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 8 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科応用物理学専攻
学 位 論 文 名	フォトリフラクティブ光導波路による動的 3 次元光接続とその応用に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 伊東 一良 教 授 興地 斐男 教 授 河田 聡 教 授 八木 厚志 教 授 岩崎 裕 教 授 川上 則雄 教 授 増原 宏 教 授 中島 信一 教 授 石井 博昭 教 授 豊田 順一 教 授 志水 隆一 教 授 樹下 行三 教 授 後藤 誠一 教 授 一岡 芳樹

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、学習可能な大規模光ニューラルネットワークの構築を目的としたフォトリフラクティブ効果による新しい 3 次元光接続法を提案し、その実現方法、機能および学習への利用の可能性を実験的、数値解析的に評価したものであり、緒論、本論 9 章、総括で構成されている。

緒論では、本研究の背景と目的およびその意義について述べている。

第 1 章では、フォトリフラクティブ効果の原理について述べている。

第 2 章では、光導波路中の光の伝播特性とその解析方法について述べている。

第 3 章では、ニューラルネットワーク、特に光ニューラルネットワークの概要と代表的なモデル、学習法について述べている。

第 4 章では、フォトリフラクティブ光導波路を用いる動的な 3 次元光接続法を提案し、その特長と学習可能な大規模光ニューラルネットワークへの応用について述べている。

第 5 章では、集光されたレーザー光を走査することにより、ニオブ酸リチウム結晶中に直線導波路と曲がり導波路を作製し、導波確認実験を行っている。実験結果から、ニオブ酸リチウム結晶では、1 回の走査により 2 本の光導波路が作製されることを見出している。また、作製された光導波路の屈折率分布モデルを提案し、曲がり導波路での導波出力光強度分布の実験結果と数値計算結果の比較から、光導波路の屈折率分布を推定している。

第 6 章では、幅が狭く高い屈折率分布をもつ光導波路を作製するための 2 つの方法、1) 集光点を結晶中で離散的に走査する方法、2) 結晶の c 軸に垂直な方向に対して傾きをもたせた方向に集光点を走査する方法を提案し、これらの有効性を実験で確認している。

第 7 章では、光導波路を利用した大規模な光接続を実現するために、光の干渉を利用した照射方法により、一度に多数の光導波路を作製する方法を提案している。実験により、 $40\mu\text{m}$  の周期をもつ 37 本の光導波路の作製と良好な光の導波を確認している。また、光導波路間の光学的結合が無視できる場合、光導波路の作製密度は  $4.4 \times 10^5$  本になることを数値的に示している。

第 8 章では、導波光によるフォトリフラクティブ光導波路の屈折率変化を利用して、導波信号光の出力光強度制御が可能であることを示している。また、信号光の強度変化を数値計算により解析した結果、信号光強度の指数関数的な減少は、制御光の露光量に依存した光導波路の屈折率減少によるものであることを明らかにしている。

第9章では、提案した光接続方法を適用した光ニューラルネットワークの学習能力を計算機実験により評価している。学習アルゴリズムには、局所的な信号に基づく既存の学習アルゴリズムを光学的実現が容易な方法に改善した手法を用いている。

総括では、以上の研究の成果を要約し、今後の研究課題を述べている。

## 論文審査の結果の要旨

将来の高度情報化社会では、大容量の多次元情報に対する高速処理が要求されるため、従来の逐次処理方式に代わり、並列分散処理方式への期待が大きい。光を情報媒体とすることにより、高速な大規模並列分散処理システムの構築が可能となることが期待されている。光接続は、その重要な基盤技術である。本論文は、フォトリフラクティブ効果を利用した新しい光接続方法とその実現方法および有効性を検証し、さらにそれを光学学習可能なニューラルネットワークへ応用可能であることを検証した一連の研究の成果をまとめたもので、その主な成果を要約すると次の通りである。

(1)フォトリフラクティブ効果を利用した新しい光導波路型光接続方法を提案している。この方法により、フォトリフラクティブ材料の3次元空間を利用した高密度な光接続、任意形状の光導波路の作製、導波光による導波信号光強度制御が可能となった。

(2)フォトリフラクティブ光導波路の作製方法として、フォトリフラクティブ材料中で、レーザー光の集光点を走査する方法を提案し、実験により、直線、曲がり導波路の作製を確認している。また、フォトリフラクティブ光導波路の屈折率分布モデルを提案し、これを利用することにより、作製された光導波路の屈折率分布を推定することが可能であることを示している。

(3)光導波路を用いた大規模な光接続を実現するために、光の干渉を利用して一度に多数の光導波路を作製する方法を提案し、提案した方法が実現可能であることを実験により検証している。さらに、光導波路の作製密度の数値的上限を明らかにしている。

(4)フォトリフラクティブ光導波路を用いて、信号光強度を動的に制御する方法を提案し、その有効性を実験により検証している。また、光導波路の屈折率分布モデルを用いた数値計算により、信号光強度変化の機構を明らかにしている。

(5)局所的接続に基づく既存の学習法を光学的実現が容易な方法に改良したものをを用いることにより、提案した光接続方法が学習機能を有する光ニューラルネットワークに適用可能であることを、計算機実験により検証している。

以上のように、本論文は、光接続経路としての光導波路の作製および光導波路での信号伝播強度の動的制御が、フォトリフラクティブ材料とレーザー光を用いて可能であることを実証し、学習機能を有する光ニューラルネットワークに応用可能であることを示したものであり、応用物理学、特に光情報工学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。