



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on Spatial Mode Conversion Technique for Space Division Multiplexing [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	張, 霜露
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第15541号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89404
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	ShuangLu_Zhang_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 張 霜露

審査担当者 主 査 教 授 富田 章久

副 査 教 授 末岡 和久

副 査 准教授 岡本 淳

学位論文題名

Study on Spatial Mode Conversion Technique for Space Division Multiplexing

(空間分割多重通信における空間モード変換技術に関する研究)

光通信は大容量かつ安定的な情報通信手段として、今日の高度に発展を続ける情報化社会の基盤を支えている。情報化社会の発展は、超高精細映像コンテンツや第 5 世代移動通信等の普及により、通信トラフィックの増大をもたらしている。現行の基幹系光通信ネットワークで使用されているシングルモードファイバでは、非線形シャノン限界やファイバヒューズ現象のため、理論的な容量限界が指摘されている。このような中で、光ファイバ通信における通信容量を拡張するため、空間分割多重 (SDM: spatial division multiplexing) 伝送を用いた新たな光ファイバ通信技術が近年盛んに研究されている。SDM 技術は、ファイバ中の空間自由度を利用して、コア数やモード数に比例した飛躍的な伝送容量の拡大を目指すものであり、数モードファイバまたはマルチモードファイバを伝送路として使用するモード分割多重と、マルチコアファイバを伝送路として使用するコア多重方式に分類される。SDM 伝送の本格導入においては、空間モードの合分波だけではなく、空間モードの交換やスイッチングなどの空間モード変換技術が必要な要素技術とされる。実用的な空間モード変換技術を確立するためには、構成の自由度およびモード数の拡張性の高さを備えた小型かつ低廉な方式が求められているが、これまでに提案されている自由空間型または導波路型の空間モード変換技術では、要求される性能を同時に実現することが難しい。

このような状況の中で、本論文は、大容量の光ネットワーク実現の基盤となる空間モード変換技術の提案とその性能向上を目的としている。具体的には、単一ホログラム素子で複数の空間モードを一括に交換する技術を提案・検討している。また、空間光変調器 (SLM: spatial light modulator) により、自由空間で数モードマルチコアファイバの信号経路の一括切り替えを可能にする方法の提案とその動作性能の向上について検討している。

以下に本論文を構成する各章の要旨を示す。

第 1 章では、本研究の背景および目的について述べている。

第 2 章では、SDM 伝送システムの構成と伝送に必要な要素技術を述べている。

第 3 章では、体積ホログラムを用いた空間モード交換技術 (VHET: spatial mode exchange technique using volume holograms) を提案している。記録媒質の同一領域に複数の光波の干渉縞を記録することができる体積ホログラムの技術を活用することで、多重化するモード数の増加に対応できるシンプルな光学系の実現を可能にしている。VHET の基本動作を数値解析や実証実験により確認すると共に、光通信波長帯への適用に向け異波長記録再生法を用いる手法について検討している。

第 4 章では、VHET のモード交換精度を向上するために、体積ホログラムとランダム拡散板を組み合

わせた手法について検討している. ランダム拡散板により均一化した強度分布の光波を用いてホログラム記録を行うことで, 高精度な空間モード交換を実現している.

第 5 章では,SLM を用いた光ファイバジョイントスイッチ (OFJS: optical-fiber joint switch) について検討している.OFJS では, 数モードマルチコアファイバに含まれる全ての空間モードを一括して同一の光ファイバに切り替えて出力することができる.6 モード 19 コアファイバを用いた基礎実験に成功すると共に, 高性能なスイッチングを実現するために, 不要な回折光の影響が小さな位置に出射先ポートを配置する手法について検討している.

第 6 章では, 本論文の総括と今後の課題について述べている.

これを要するに, 著者は, 体積ホログラムおよび空間光変調器を用いた空間モード変換技術に関する研究を行うことで, 光通信システムの発展に向けた多くの有益な知見を得ており, 光エレクトロニクスの分野に貢献するところ大なるものがある. よって著者は, 北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格あるものと認める.