

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	光MIMO技術を利用した大容量光ファイバ伝送に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	森崇嘉
Author(English)	Takayoshi Mori
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9857号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:植之原 裕行,浅田 雅洋,小山 二三夫,宮本 智之,府川 和彦
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9857号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	物理電子システム創造 専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学) Academic Degree Requested Doctor of
学生氏名： Student's Name	森 崇嘉	指導教員 (主)： Academic Advisor(main)
		植之原 裕行 教授
		指導教員 (副)： Academic Advisor(sub)

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「光 MIMO 技術を利用した大容量光ファイバ伝送に関する研究」と題し 7 章で構成される。

第 1 章「序論」では、将来の大容量・長距離光通信の実現に向けて、従来のシングルモードファイバに代わる新規構造光ファイバが盛んに研究されている背景を述べ、新規構造ファイバであるマルチコアファイバやマルチモードファイバなどを伝送路とした空間多重技術を確立することの必要性を述べている。本論文では、マルチモードファイバを伝送路としたモード多重伝送技術を対象とし、これまでの報告例では適用されていなかった長距離・大容量化が期待できるデジタルコヒーレント受信技術、ならびに無線分野で実用化されている MIMO 技術をモード多重伝送に適用するために最適な送受信構成・伝送路の実現可能性を明らかにすることを目的とすると述べている。

第 2 章「MIMO DSP による信号復元の基本検討」では、DSP による信号復元の動作原理確認を目的として、マルチモードファイバのモード分散補償に向けて、提案するデジタルコヒーレント受信器の構成について述べ、高次モードの遅延量に応じて判定帰還型の等化器のフィルタのタップ数を設定することにより、信号復元精度が向上することが可能であると述べている。また、伝送距離が延びるほど、軸ずれ接続等で多経路干渉が増大するほど、モード分散補償に必要なタップ数の増大や SNR 劣化によるパワーペナルティの増大が課題となると述べている。

第 3 章「光 MIMO 伝送システム構成技術」では、マルチモード光ファイバ伝送において MIMO DSP を適用することを目的として、光 MIMO 伝送システムを実現するための構成技術について述べ、受信部において高次モードの強度・位相情報を保持するためのモード収束器を用いる構成を新規提案し、20 km GI-MMF を伝送路とした光 MIMO 伝送を達成している。光 MIMO 伝送において、伝送路のモード間群遅延差 (DMD) が増大することにより、受信部の MIMO DSP 負荷が増大することが課題となることを述べている。

第 4 章「MIMO DSP 負荷低減技術」では、DMD 増加による DSP 負荷増大への対処を目的として、光 MIMO 伝送における信号処理負荷低減に向けて選択的モード励振を用いた光 MIMO 伝送システム構成を新規提案し、コア径 50 μm を有する GI-MMF に対し、数値計算により DMD の小さい低次モードのみを励振する条件を明らかにし、信号処理負荷を低減した GI-MMF 10 km の C + L バンド 8 波長 WDM コヒーレント光 MIMO 伝送を達成している。さらに、大容量化を目的とした伝搬モード数を拡大した低 DMD 伝送路について、DMD および伝搬モード数を制御するために W 型 GI ファイバのコア、トレンチ部の設計手順を明らかにしている。さらに、製造上の観点からメリットのあるトレンチアシスト型 GI ファイバの検討を行い、W 型 GI ファイバの設計で得られた構造パラメータを基に、コアトレンチ間隔を制御することでトレンチ下部までの GI 形状の模擬が可能であることを示している。提案するトレンチアシスト型 GI ファイバについて、C+L 帯において 4 LP モード動作において 50 ps/km 以下の DMD 補償伝送路、6 LP モード動作において 70 ps/km 以下の DMD 補償伝送路を達成している。

第 5 章「光 MIMO 伝送システムにおけるモード間クロストークが与える影響」では、モード間クロストークが光 MIMO 伝送へ与える影響について、電力結合方程式によりモード間クロストークとモード依存損失が伝送路に存在する場合、信号チャネル間の強度差が生じることを示し、光 MIMO 伝送実験により、ファイバ中のモード依存損失やモード間クロストークが大きいほど信号品質が劣化する一方で、チャネル間の入力強度差を調整することによりチャネル間の信号品質差の低減が可能であることを明らかにし、長距離伝送を実現するために伝送システムのモード依存損失とクロストーク量に応じた入力チャネル強度の制御の重要性を示している。

第 6 章「今後の展望」では、マルチコアファイバ技術との融合についての展望について、さらなる大容量化を実現するためには、伝送ファイバについて、コア数増大、伝搬モード数増大が必須であり、製造技術のさらなる発展が必要であることを述べている。また、モード合分波技術や光増幅技術を含め、伝送距離や利用する変調多値数などを考慮したトータルなシステム設計の必要性について述べている。

第 7 章「結論」では本研究で得られた成果を総括している。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 物理電子システム創造 専攻
Department of
学生氏名： 森 崇嘉
Student's Name

申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員 (主)： 植之原 裕行 教授
Academic Advisor(main)
指導教員 (副)：
Academic Advisor(sub)

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This paper consists of seven chapters titled "A study on large-capacity optical fiber transmission by using optical MIMO technology".

Chapter 1 shows the introduction.

In Chapter 2, modal dispersion compensation is demonstrated by using adaptive equalization for MMF transmission. I realize a 20 km 50 μm -core GI-MMF transmission even if mode conversions are intentionally introduced by axial deviations in the transmission line.

In, Chapter 3, coherent optical MIMO transmission experiment is demonstrated that employs a digital coherent receiver with a mode convergence unit, which converges higher-order mode light into the fundamental mode. The optical MIMO transmission of two signals over 20 km of GI-MMF was successfully achieved.

In Chapter 4, I propose WDM MIMO system by using a selective mode excitation technique to reduce MIMO DSP over a conventional GI-MMF. I show numerically that I can selectively excite low-order modes with the small DMD of GI-MMF and realize a C+L-band WDM coherent optical MIMO transmission over a 10-km 50 μm -core GI-MMF, which enables us to reduce MIMO DSP complexity. Furthermore, I propose a transmission fiber for optical MIMO transmission over the C + L band. I show numerically that a graded-index core can flexibly tune DMD and a cladding trench can flexibly control the guiding mode number and I successfully fabricated fibers and achieve a transmission fiber with a total absolute DMD of less than 40 ps/km for four-LP mode operation and of less than 70 ps/km for six-LP mode operation over the entire C + L band.

In Chapter 5, I numerically investigate the power difference between the channels in 2 LP mode fiber with modal crosstalk and mode dependent loss and investigate experimentally the mode dependent loss and modal crosstalk in two LP mode fibers. I reveal the launch power control effects on the optical MIMO transmission performance.

Chapter 6 shows the prospects for optical MIMO transmission.

Chapter 7 shows a summary of this paper.

In summary, this study clarified to be able to contribute to realize future large capacity optical fiber network by SDM technology.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).