

氏名	もりとも れんいち 守友 連一
学位(専攻分野)	博士 (工学)
学位記番号	博甲第 541 号
学位授与の日付	平成 21 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 設計工学専攻
学位論文題目	ファイバーブラッググレーティング位相符号・復号器を用いた光符号分割多重通信に関する研究
審査委員	(主査)教授 大柴小枝子 教授 尾江邦重 教授 秋山正博

論文内容の要旨

ブロードバンドサービスの拡大に伴い、通信容量の飛躍的な増大に対応する次世代の光アクセス通信方式には、高速性、柔軟性、信頼性（セキュリティ）が求められている。光符号分割多重(OCDM)通信方式は、各ユーザからの信号を固有の符号で拡散し多重する方式で、符号が一致した信号のみを受信・再生させることができる。また、符号拡散された信号は互いに独立しているので多重のタイミング調整が不要であり、また光学的に符号拡散することから高速な信号への適用が可能であるなど、次世代アクセスで要求される課題に対応できる通信方式と考えられている。OCDM 通信で行われる光学的な符号拡散にはいくつかの方法があるが、光信号パルスの位相を変調することで拡散するコヒーレント OCDM 方式は、符号が一致した時に再生される自己相関波形と符号が不一致の時に生成される相互相関波形との SN 比が大きく、また、符号系列の数が多く取れるという利点をもつ。

本研究では、ファイバーブラッググレーティング (FBG) をベースとしたパッシブな光位相符号器に着目し、位相変調を用いた OCDM 通信における課題である位相制御と雑音除去について数値解析と実験検証の両面から検討するとともに、実用化を見通した技術の確立を目的としている。

学位論文は 4 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、ここでは本論文の位置づけ、および次世代の光アクセスシステムにおける OCDM 方式を用いたパッシブ光ネットワーク (PON) の必要性と課題について述べている。

第 2 章では、まず、本研究で用いた FBG ベースの光位相符号器の構造とそれを用いた拡散方法を解説し、使用した符号系列について述べている。次に、光パルス信号を FBG 位相符号・復号器を用いて拡散・逆拡散する場合の入射信号の波長ずれに対する拡散信号の位相変化について明らかにした。さらに、その位相変化が信号を再生したときの波形に与える影響を解析した。また、本実験では、入射光パルス信号が 6ps と短い短パルス信号を用いていることから、そのスペクトルがパルス幅の逆数に対応して 1nm 以上に広がることからスペクトルの中心波長と縁の波長における位相の分布についても検討を行っている。さらに、実際に試作した符号器を用いて実験系を構築し、FBG 位相符号器に入射する信号の中心波長を変えた際の信号品質の変化から波長ずれ

耐性を求めていた。

第3章では、多重信号に起因した符号干渉雑音の光時間ゲートによる除去について検討している。まず、信号と雑音の周波数スペクトルを解析し、受信帯域と効果的なゲート幅について明らかにした。さらに、低速なクロック信号から数10psの電気パルスを生成できる短パルス生成回路を試作し、その動作原理およびそれによる雑音除去効果を実験的に検証した。

第4章では、この研究で得られた解析結果と実験実証結果についてまとめ、さらにそれらの結論の意味するところを吟味している。

論文審査の結果の要旨

本論文では、将来の高速・高セキュリティでかつ柔軟性をもつアクセスシステム実現を目的とした光符号多重通信の研究を行っている。まず、符号・復号化に位相を用いるコヒーレント拡散方式に着目し、光学的な符号拡散にファイバーブラッギングレーティングをベースとした光符号器を用いたときの位相制御特性について詳細な検討を行っている。特に、信号波長が符号・復号器のブラッギング波長から波長ずれを生じた際にも、自己相関による再生信号の相対的な位相関係は変動しないことを解析的に明らかにした。このことは、実験でも、信号波長がブラッギング波長に対して±1.0 nm程度ずれても、充分な通信品質を保つことが可能であることを確認するに至っている。次に、複数のユーザからの信号を多重した場合に生じる符号干渉雑音について、解析的に検討を行っている。そして、受信光信号に時間ゲートを用いて雑音除去する際の信号の周波数特性の変化を明らかにするとともに、効果的な雑音除去方法を実現し、誤り率で8桁の改善に成功している。これらの結果は、今後の発展と実用化が期待される光符号多重通信の設計において非常に重要な知見である。

本論文は、以下に示すように、審査を経て掲載され、申請者が筆頭著者である4篇の論文と投稿中の1篇の論文をもとに構成されている。

1. 守友 連一, 大柴小枝子, 和田 尚也, 久保田 文人,
「SSFBG 位相符号・復号器を用いた OCDM 伝送系における波長依存性の考察」
電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J89-B, No.2, pp.234-241, 2006.
2. Renichi MORITOMO, Tomoaki NAKAMURA, Yasuhiro KOTANI, and Saeko OSHIBA,
“Analysis of Phase Shift Tolerance in a Coherent OCDM System Using FBG Phase Encoder/Decoders”,
IEICE TRANSACTIONS on Communications, Vol. E91-B, No.8, pp.2509-2515, 2008.
3. Renichi Moritomo, Naoya Wada, Saeko Oshiba, and Fumito Kubota,
“Experimental study on wavelength dependence of OCDM system using SSFBG phase encoder and decoder”,
Proceedings of International Symposium on Contemporary Photonics Technology (CPT2005),
pp.81-82, 2005.

4. Renichi MORITOMO, Tomoaki NAKAMURA, Yasuhiro KOTANI, Saeko OSHIBA, and Masahiro AKIYAMA,
“Improvement of Multiplicity in OCDM System using Optical Time Gating Circuit”,
Proceedings of Optoelectronics and Communications Conference (OECC) and the Australian Conference on Optical Fiber Technology (ACOFT) in 2008, CD-ROM, 2008.

5. Renichi MORITOMO, Saeko OSHIBA, Tomoaki NAKAMURA, and Masahiro AKIYAMA,
“Reduction of MAI Noise by 39.6-ps Optical Time-gate with a Short Clock Pulse Generating Circuit in OCDM System”,
IEICE TRANSACTIONS on Communications ～投稿中

以上, 本論文では, 光符号多重通信の実現に向けて極めて重要な特性の詳細な解析を行っており, 学術的な価値が高いことが認められた。