

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 菊池 信彦

本論文は、光遅延検波を用いた光多値伝送方式に関する研究“Study on Optical Multi-level Transmission using Optical Delay Detection”と題し、7章からなる。

近年のインターネットの爆発的な拡大に伴い、都市間や都市内を結ぶ光通信回線の情報伝送容量は年々増大を続けている。情報伝送速度ビットレートは、現在は10Gbit/sが広く用いられているが、数年内に40Gbit/sの普及や100Gbit/sの導入が進むと考えられている。しかしながら従来の光送受信器で用いられていた2値強度変調では、ビットレートの高速化に伴う受信感度の低下や最大伝送距離の急激な縮小などの性能の劣化が大きく、新たな光伝送方式の開発が必要となっていた。

この中で、光多値伝送は、光電界の振幅や位相状態を組み合わせることで変調することにより、1変調シンボルあたり数ビットの情報を伝送する技術である。多値変調を用いれば、光信号の変調速度をビットレートの数分の一に低減することが可能となるので、ビットレートの高速化による性能の劣化を防ぐことができる。本研究は、直接検波の一種である光遅延検波を導入した光多値伝送方式の開発を目的として行われている。光遅延検波は受信した光信号を、過去の受信信号自身と干渉させて電気信号に変換する受信方式であり、光多値受信器を低コスト・簡素化できる点で有望な技術である。しかしながら、多値数の高い伝送効率の良い多値変調方式に適用が困難であるなどの多くの課題を持ち、実用化には大幅な性能改善が必要であった。そこで本研究では、光遅延検波へのデジタル信号処理の導入を行い、これらの課題を解決することにより、光遅延検波を用いた光多値伝送の性能改善を図ることに成功している。

第1章は“緒言”であり、光多値伝送の重要性について論じ、先行する研究を総括した後、本論文の目的と構成について述べている

第2章は“光多値伝送方式”と題し、光多値伝送方式の概念や分類について説明を行う。光多値伝送の概念とその利点、信号点配置による光多値信号の分類、光多値信号の変調方式の分類、光多値信号の復調方式の分類が体系的に説明される。さらに、光多値信号を長距離光ファイバ伝送の重要な特性である光SNR感度、周波数利用効率、波長分散耐力に関して、これまで報告された結果をまとめている。

第3章は“光遅延検波を用いた光多値伝送方式”と題し、光遅延検波を用いた受信器の特徴を検討、整理した後、本研究で提案する基本技術である“デジタル直交結合型光遅延検波受信方式”を提案し、その原理を説明する。次に、この受信器の課題を述べた後、これらの課題を克服するための本研究のアプローチについて説明を行う。

第4章は“APSK変調を用いた光多値伝送の研究”と題し、従来の多値数の最高値である16値を越える多値数を実現するために、多値変調に起因する符号間干渉の抑圧に取り組んでいる。まず、光多値変調波形の高精度観測法を提案し、次に符号間干渉をほぼ完全

に抑圧可能な新しい光多値変調方式を提案する。さらに、これらの技術を用いて、APSK 信号で多値数が最多となる 32 値光多値信号の変復調の実証を行う。また、APSK 信号の長距離光ファイバ伝送において問題となる光ファイバの非線形効果を、受信側でデジタル補償する方式の提案と実証を行う。

第 5 章は“光遅延検波に因る符号間干渉の抑圧法の検討”と題し、直前のシンボルの符号間干渉を抑圧する 2 通りの受信側デジタル信号処理方式の提案と検討を行う。まず、検出した差動位相を受信側で積算し光電界を再生する光電界再生受信器を提案し、特に波長分散の補償の可能性について原理実証を行う。次に、符号間干渉の影響下でも理想的なシンボル判定が可能となる最尤系列推定（受信方式の実証を行う）。

第 6 章は“送信側位相予積算方式の研究”と題し、送信側でのデジタル信号処理を利用して、直前のシンボルの符号間干渉を抑圧する手法について検討を行う。まず、位相予積算法の提案を行い、16 値までの QAM 信号の変復調を実証する。また、送信側のデジタル信号処理を拡張して、高次の光多値信号の波長分散の予等化技術を実証する。さらに、光遅延検波を用いた光多値伝送で大きな問題となっていた光 SNR 感度の改善法について提案と実証を行う。

第 7 章は“まとめ”であり、本論文で得られた成果をまとめ、今後の展望について述べている。

以上のように本研究では、光多値伝送への適用を目的として、光遅延検波にデジタル信号処理を導入した“デジタル直交結合型光遅延検波受信方式”を提案した。新しい構成の多値光変調器、受信側での位相積算による光電界再生、送信側での分散予等化などの技術を用いて、符号間干渉を抑圧することにより、受信感度や伝送距離などの伝送性能の改善に成功した。将来の大容量光ファイバ伝送技術の発展に大きく寄与し、電子工学への貢献が多大である。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。