

審査の結果の要旨

氏名 石村 昇太

本論文は、「集積フォトニクスを用いた短距離コヒーレント光伝送システムに関する研究」と題し、短距離光通信網への適用を目指し、集積フォトニクス技術を用いた各種コヒーレント光伝送システムに関して行った研究を纏めたものであり、8章より構成されている。

第1章は「序論」であり、研究の背景、目的、論文の構成が述べられている。まず、光通信システムの進化の歴史を振り返り、データセンターや光アクセス網に代表される短距離光通信網において情報量が爆発的に増大している現況を概説している。その上で、これまで長距離伝送系において用いられてきた大容量デジタルコヒーレント伝送技術を簡略化し、短距離網にも導入する必要性を論じている。

第2章は「コヒーレント伝送技術の基礎」と題し、コヒーレント伝送技術について、光送受信器の構成、各種変調方式、信号処理技術などの基礎的事項を解説している。特に、現在のデジタルコヒーレント方式では、複雑な送受信器構成と信号処理が必要になる点が示されている。

第3章は「セルフコヒーレント伝送技術の基礎」と題し、セルフコヒーレント伝送技術について、各種形態に分類しながら基礎的な理論が纏められている。既存のコヒーレント方式と異なり、局発光を送信側から配信することで、システム全体が大幅に緩和される点が論じられている。

第4章は「直列位相変調器を用いた簡易偏波多重送信器」と題し、第2章で説明した既存のコヒーレント送信器の簡略化に向けて、より簡易な偏波多重変調器の構成を提案し、数値解析により有効性を検証している。従来構成では、8個の位相変調器に加えて偏波回転器と偏波多重器を要するのに対して、本提案では、2個の位相変調器と1個の偏波回転器のみから構成され、大幅な簡略化が実現される。位相変調に起因するスペクトル拡散や偏波回転器などの不完全性による各種ペナルティを明らかにした上で、帯域制限が厳しくない条件において本方式の有用性が示されている。

第5章は「ストークスアナライザ型コヒーレント受信器」と題し、受信側の簡略化に向けて、ストークスアナライザを用いたコヒーレント受信器を提案し、

試作器を用いた原理検証実験の結果が示されている。従来の偏波ダイバーシティ構成と比較して受光器数を 8 個から 6 個に削減した構成により、120 Gb/s の偏波多重コヒーレント信号の伝送実験に成功し、本手法の有効性を実証している。

第 6 章は「セルフコヒーレント伝送システムにおける位相雑音の影響解析」と題し、第 3 章で概説したセルフコヒーレント方式について、光集積化の効果に焦点を当て、レーザ位相雑音の影響を理論と実験の両面から検証している。レーザ線幅と光遅延量を表す正規化パラメータを新たに導入することで、各種変調方式における信号伝送ペナルティを統一的に議論できることを示し、その妥当性を原理検証実験によって裏付けることに成功した。これらの結果より、集積フォトニクス技術によって遅延量をミリメートル以下に抑えることで、線幅が 10 MHz 以上の位相雑音が大きなレーザを用いても 256 値直交振幅変調 (QAM: quadrature amplitude modulation) 方式などの高次の信号伝送が可能になることが示された。

第 7 章は「シリコンフォトニクスを用いたストークスアナライザの実装」と題し、第 6 章において有効性が実証されたセルフコヒーレント方式の実用化に向けて、集積フォトニクス素子の設計と試作実証結果を示している。具体的には、受信側において必要となるストークスアナライザをシリコンフォトニクスチップ上にコンパクトに実装し、入力光の偏波状態を検出することに成功した。これにより、光路差長を最小に抑えた集積セルフコヒーレント受信器の実現可能性を明らかにした。

第 8 章は「結論」であり、得られた成果を総括するとともに、残された課題と将来に向けた展望が述べられている。

以上これを要するに、本論文は、集積フォトニクス技術を用いた短距離コヒーレント光伝送システムに関して検討を行ったものであり、光素子数を削減した簡易偏波多重送信器、及び、ストークスアナライザ型コヒーレント受信器を提案し、その有効性を実証するとともに、セルフコヒーレント伝送方式の特性を理論と実験の両面から検証し、シリコンフォトニクスによる小型受信器の可能性を明らかにしたものであり、光通信工学に貢献するところが少なくない。

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。