The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	全光変調フォーマット変換に関する研究
Author(s)	三科, 健
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/24737
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【24】

氏　　名	三　科　　健（みしな　けん）
博士の専攻分野の名称	博　士（工学）
学　位　記　番　号	第　２５６３８　号
学位授与年月日	平成24年９月25日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻
学　位　論　文　名	**全光変調フォーマット変換に関する研究**
論文審査委員	（主査） 教　授　北山　研一 （副査） 教　授　井上　　恭　　准教授　丸田　章博　　教　授　河崎　善一郎 教　授　三瓶　政一　　教　授　滝根　哲哉　　教　授　馬場口　登 教　授　溝口　理一郎　　教　授　鷲尾　　隆

論文内容の要旨

本論文は，筆者が大阪大学大学院工学研究科（電気電子情報工学専攻）在学中に行った大容量光通信システムのための全光変調フォーマット変換に関する研究成果をまとめたものであり，以下のように構成されている．

第一章は序論であり，本研究の背景として，高速大容量光通信を実現するためのフォトニックネットワークお

よび光変調フォーマットの技術発展について述べ，全光変調フォーマット変換を導入するメリットを明らかにした．そして、全光変調フォーマット変換の研究動向を調べると共に現状の技術課題について述べ，本研究の動機付けを行った．

第二章では，光通信における変調フォーマットおよび各変調フォーマットの送受信器構成について紹介した．そして、全光変調フォーマット変換が必要となるネットワーク構成および変換機能を実現する光デバイスについて説明した．

第三章では，半導体光増幅器(Semiconductor Optical Amplifier: SOA)を用いた全光変調フォーマット変換法を提案した．具体的には，SOA-MZIを用いた全光On-Off-Keying(OOK)/Binary Phase Shift Keying(BPSK)変換，全光OOK/Quadrature Phase Shift Keying(QPSK)変換，全光OOK/16 Quadrature Amplitude Modulation(16QAM)変換の3つの変換法を提案した．はじめに，提案する変調フォーマット変換に使用するSOA-マッハ・ツェンダー干渉計(Mach-Zehnder Interferometer: MZI)型波長変換器の構成および動作原理を説明した．さらに，キャリア・レート方程式を用いた理論解析方法，その理論に基づいて行う計算機シミュレーションモデルを示した．そして，提案する各変換法の動作原理を説明し，実現可能性を計算機シミュレーションまたは原理確認実験により示した．

第四章では，光ファイバ中の非線形効果を用いた全光OOK/Phase Shift Keying(PSK)変換法を提案した．はじめに，光ファイバ中のパルス伝搬を記述する非線形シュレディンガー方程式と，全光変調フォーマット変換に利用する相互位相変調(Cross-Phase modulation: XPM)について説明した．次に，提案する変換法の動作原理を説明し，実現可能性を計算機シミュレーションおよび原理確認実験により示した．

第五章は結論であり，本研究で得られた成果について総括を行った．

論文審査の結果の要旨

現在、新興国でのインターネット利用者の急増、インターネットビデオやファイル共有等のインターネットを流れるコンテンツの多様化により、世界のインターネットトラフィックは増え続けている。増え続けるインターネットトラフィックに対応するためには、ノードにおける処理負荷軽減と光ファイバ１本あたりの伝送容量の増大が求められている。ノードにおける処理負荷軽減する上で有望な技術として、全光信号処理を利用したフォトニックネットワークがある。また、伝送容量の増大する上で、新しい光変調フォーマットを利用した伝送が商用伝送システムに実用化されている。これらの 2 つの技術を効率良く融合させるには、ノードにおける全光変調フォーマット変換が将来必要となる。

本論文では、全光変調フォーマット変換に関して得られた 2 つの研究成果についてまとめている。

(1) 半導体光増幅器（SOA）を用いた全光オンオフキーイング（OOK）/2 相位相シフトキーイング（BPSK）変換、全光 OOK/4 相位相シフトキーイング（QPSK）変換、全光 OOK/16 値直交振幅変調（QAM）変換の提案を行い、計算機シミュレーションまたは実証実験によって提案する変換方法の実現可能性を示す。特に OOK/BPSK 変換、OOK/QPSK 変換については世界で初めて全光で変換する方法を提案し、実際に光デバイスを構成して実証を行っている。さらに、変換動作の特性や変換後の信号の伝送特性のデータを取得し、光通信システムへ応用する場合の有効性を示している。

(2) 光ファイバ中の非線形効果を用いた全光 OOK/BPSK 変換、全光 OOK/多値位相シフトキーイング（多値 PSK）変換を提案し、計算機シミュレーションまたは実証実験によって提案する変換方法の実現可能性を示す。また、(1)で得られた結果および既に提案されている全光変調フォーマット変換の論文を引用し、定量的に変換方法の性能の比較を行っている。そして、現状の光通信システムに導入する場合は本論文で提案する SOA を用いた変換方法が適していること、将来 40Gsymbol/sec を越える高速な伝送速度のネットワークが構成された場合は本論文で提案する光ファイバ中の非線形効果を用いた変換方法が有力となることを示唆している。

以上のように、本論文は、SOA または光ファイバ中の非線形効果を用いた全光変調フォーマット変換が全光信号処理を利用した将来のフォトニックネットワークに寄与できることを示している。また、計算機シミュレーション及び実証実験における提案方法の結果から、工学的な見地から見て非常に評価の高い成果といえる。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。