Osaka University Knowledge Archive

Title	光ファイバ中の非線形光学効果に基づく超高速光伝送処理技術の研究
Author(s)	神野, 正彦
Citation	大阪大学, 1995, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3106836
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【 62 】

氏　　名	神　野　正　彦（じん の まさ ひこ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工学）
学位記番号	第　12089　号
学位授与年月日	平成7年9月28日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	光ファイバ中の非線形光学効果に基づく超高速光伝送処理技術の研究
論文審査委員	(主査) 教授 小林 哲郎 (副査) 教授 山本 錠彦　教授 張 紀久夫　助教授 森本 朗裕

論文内容の要旨

光ファイバ通信技術の発展の歴史は，LSI技術に代表される電子回路技術に支えられた高速化の歴史でもあった。しかし，情報量の爆発的増加が予想されるマルチメディア通信時代を間近に控えて，電子回路技術による大容量化に限界が見え始めてきている。本研究の目的は，従来の光ファイバ伝送技術に光処理の方法を導入することで，電子回路の動作速度制限によるボトルネックを打破し，数10～100Gbit／sの伝送速度を実現するための超高速光伝送処理の基本技術を確立することにある。

本研究において，上記目的を達成するための基本素子として，光ファイバ中の非線形光学効果を利用する新しい構成の全光スイッチ－非線形Sagnac干渉計スイッチ－を新たに考案した。本スイッチは，従来の常識では相反する要求と考えられてきた低スイッチングパワー，高安定，超高速という3つの要求を同時に満たすことができる。これは，熱や振動等の擾乱を相殺することができるSagnac干渉計構成の採用，及び非線形媒質である光ファイバの分散制御によって初めて可能になった（第2章）

さらに，全光スイッチを実用に供する上で重要な問題でありながら，これまで全く検討されていなかった，群速度分散の影響，出力光パルスの質，タイミングジッタによる符号誤りの詳細を明らかにした。まず，群速度分散の影響を見積もるための指標としてソリトンの次数を導入した。結合非線形波動方程式を数値解析することにより，ソリトンの次数が5以上となるように光ファイバ長とポンプパワーを設定すれば，群速度分散によるスイッチング特性の劣化は無視してよいことを示した。(第3章)。次に，出力光パルスの質については，入力光とポンプ光の群速度の差（ウォークオフ）を利用した矩型の幅広いスイッチング窓を用いれば，スイッチされて出力される光パルスにはスペクトル変化が生ぜず，入力されたFourier変換限界の光パルスはその特性を劣化させることなくスイッチできることを実証した（第4章)。さらに，ピコ秒のオーダーのスイッチング窓幅が要求されるような超高速光伝送処理回路において問題となる，微小なタイミングジッタの影響について議論し，実験とモデルの解析から，要求されるジッタの最大値を明らかにした。(第5章)。

以上の議論に基づき，非線形Sagnac干渉計スイッチを基本部品とする超高速光機能回路－時分割多重回路，再生中

継回路，時分割分離回路－の構成法を新たに考案した。さらに，符号誤り率測定を含む詳細な実験によって，これらの全光機能回路が，ピコ秒パルスを用いてギガビット毎秒領域で動作可能であることを実証した。（第6章）

以上ここに要約したように，本研究を通して初めて，非線形Sagnac干渉計スイッチを利用した光機能回路を用いれば，半導体レーザから発生させる短光パルスによって駆動可能な100Gb／s級の超高速光伝送システムを構築できる可能性があることが示されたのである。

論文審査の結果の要旨

光ファイバ通信技術の発展の歴史は，LSI技術に代表される電子回路技術に支えられた高速化の歴史でもあったが，情報量の爆発的増加が予測されるマルチメディア通信時代を間近に控えて，電子回路技術による大容量化に限界が見え始めつつある。本論文は，従来の光伝送技術に光処理の方法を導入することで，電子回路の動作速度制限によるボトルネックを打破し，数10～100Gbit／sの伝送速度を実現するための超高速伝送処理の基本技術を確立することを目的として著者が進めた研究の成果をまとめたものである。

本研究において，上記目的を達成するための基本素子として，光ファイバ中の非線形光学効果を利用する新しい構成の全光スイッチ－非線形Sagnac干渉計スイッチ－を著者は新たに考案している。本スイッチは，同一のループ光路を互いに逆行する光を干渉させて出力させる光ファイバを用いたループ形のSagnac干渉計を構成し，ここに1方向にのみ進行するスイッチング光パルスを伝送させることにより，この光ファイバの非線形性により，スイッチングパルスと相乗りして進む光信号にのみ位相差を生ぜしめ，出力として取り出せるようにしたものである。これに分散制御を組み合わせ，従来の常識では相反する要求と考えられてきた低スイッチングパワー，熱や振動等の擾乱に対する高安定，さらに超高速という3つの要求を同時に満たすことを可能にしてる。（第2章）。さらに，全光スイッチを実用に供する上で重要な問題でありながら，これまでまったく手付かずであった，群速度分散の影響，出力光パルスの質，タイミングジッタによる符合誤りの詳細を明らかにしている。まず，群速度分散の影響を見積もるための指標としてソリトンの次数を導入している。結合非線形波動方程式を数値解析することにより，ソリトン次数が5以上となるように光ファイバ長とポンプパワーを設定すれば，群速度分散によるスイッチング特性の劣下は無視してよいことを示している。（第3章）。次に，出力光パルスの質については，入力光とポンプ光の群速度の差（ウォークオフ）を利用した矩形の幅の広いスイッチング窓を用いれば，スイッチされて出力される光パルスにはスペクトル変化が生ぜず，入力されたFourier変換限界の光パルスはその特性を劣下させることなくスイッチできることを実証している（第4章）。さらに，ピコ秒のオーダーのスイッチング窓幅が要求されるような超高速光伝送処理回路において問題となる，微小なタイミングジッタの影響について議論し，実験とモデルの解析から，要求されるジッタの最大値を明らかにしている。（第5章）。そしてこれらの議論に基づき，非線形Sagnac干渉計スイッチを基本部品とする，いくつかの超高速光機能回路－時分割多重回路，再生中継回路，時分割分離回路－の構成法を新たに提案し，符合誤り率測定を含む詳細な実験によって，これらの全光機能回路が，ピコ秒パルスを用いてギガビット毎秒領域で動作可能であることを実証している。（第6章）。

以上のように，著者は本研究を通して，超高速光伝送処理の基本技術の確立に大きく貢献しており，その研究結果をまとめた本論文は博士（工学）論文として価値あるものと認める。