

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 坂本 高秀

本論文は“光ファイバの非線形光学効果を用いた全光学的再生中継器に関する研究”と題し、7章からなる。

光増幅中継を用いた光伝送システムでは、伝送に伴い信号波形の劣化や光増幅器雑音がアナログ的に蓄積されるので、伝送速度や伝送距離が大きく制限される。光伝送システムのさらなる高速化や長距離化をはかるには、光領域で信号を再生中継する技術の開発が不可欠と考えられる。本研究では、光ファイバ内の非線形光学効果に着目し、全光再生中継器の設計理論を確立するとともに、光ファイバ非線形干渉計および四光波混合を用いた新しい全光再生中継器を開発することを目指す。

第1章は“序論”である。光伝送システムおよび光ファイバを用いた全光信号処理技術の概略を述べた後、全光再生中継の必要性について論じる。さらに全光再生中継の基本構成をまとめている。

第2章は“全光再生中継器の雑音抑圧理論”を論じている。全光再生中継器の持つ重要な機能の一つに、光識別回路を用いた雑音抑圧機能がある。この機能により光信号の再生が行われる。しかしながら雑音抑圧機構のメカニズムおよびそのシステムのメリットは明らかになっていない。本章では、雑音のモーメント解析により全光再生中継器の雑音抑圧理論を展開し、これらの問題を解決する。

第3章は“超高速全光ゲートの設計理論”を展開する。光ファイバを用いた全光ゲートは、相互位相変調や四光波混合を利用したものなど、その構成は多岐にわたる。個別の方式による全光ゲートの開発は進められているものの、設計論、速度限界に関する体系的な議論は不十分である。本章では、共通のモデルの下で光ファイバ型全光ゲートの設計理論を明らかにし、その速度限界について議論する。

第4章では“非線形干渉計を用いた信号再生技術”を開発する。非線形干渉計型ゲートは、正弦波型の光伝達特性を持つため、光識別特性を持った全光ゲートとなる。光ファイバを用いて温度ドリフト等に対して安定な非線形干渉計ゲートを作製するには、非線形ループミラーのように干渉計の二光路を共通化した構成をとる必要がある。しかし非線形ファイバループミラーは、制御光が対向光に対して誘起する相互位相変調がクロストークをもたらすという本質的な問題を抱える。これに対して本研究では、この問題を解決するためにループミラー内での対向位相シフト法を提案する。この方法により対向クロストークを抑制すれば、従来のゲート速度限界が打破できることを理論的・実験的に実証する。

第5章は“四光波混合器を用いた信号再生技術”と題し、四光波混合型光ゲートによる信号再生技術の開発について論じる。光ファイバ中の四光波混合過程において生じる光パラメトリック利得は、ポンプ光減衰や四光波間の位相不整合に伴い、飽和特性を持つ。この現象を用いれば、光リミッタや光識別回路の作製が可能である。

しかし一般に信号光に対する飽和強度は大きく、高繰り返し信号光への適用は難しい。本研究では、光ファイバ中の分散スロープを利用すれば飽和強度の低い四光波混合器型光リミッタが作製できることを提案し、その設計方針を明らかにする。またこの設計の下で RZ 光パルスを用いた利得クランプ型の光リミッタを実現すれば、波形整形機能を持った全光ゲートが作製できることを提案し、これを実験的に実証する。

第 6 章は“光信号位相同期ループを用いた光タイミング再生技術”と題し、ピークホールド型光信号位相同期ループによる光タイミング再生について述べる。全光ゲートを動作させるためには、信号光パルス列からクロックを抽出し、タイミング同期をとる必要がある。本研究では、信号パルスとクロックの間に位相差を生じない位相同期ループを提案し、光タイミング再生機能を実証する。これにより、一つの光ゲートでタイミング再生と光スイッチングが可能となった。

第 7 章は本論文の“結論”である。本研究の意義を整理し、今後の展望についても考察する。

以上のように本研究では、全光再生中継器の雑音抑圧理論および光ファイバを用いた全光再生中継器の設計理論を展開するとともに、新しい構成の非線形干渉計を用いた信号再生技術、四光波混合器を用いた信号再生技術、位相同期ループを用いた光タイミング再生技術を開発し、全光学的な超高速信号再生機能を実証した。将来の超高速全光再生中継技術実現への道筋を示したものであり、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。