



Title	光ファイバの誘導散乱とその光通信への応用に関する研究
Author(s)	青木, 恭弘
Citation	大阪大学, 1989, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/36956
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	あお 青	き 木	やす 恭	ひろ 弘
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	8832	号	
学位授与の日付	平成元年9月22日			
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当			
学位論文題目	光ファイバの誘導散乱とその光通信への応用に関する研究			
論文審査委員	(主査)			
	教授	末田	正	
	(副査)			
	教授	山本	錠彦	教授 小林 猛

論文内容の要旨

本論文は、単一モードシリカ光ファイバの誘導ラマン散乱、誘導ブリュアン散乱と、その光通信への応用に関して行った研究をまとめたものである。

本研究において、光ファイバの誘導ラマン散乱を用いる光増幅（ファイバラマン光増幅）を光通信に応用することを提案し、その増幅利得、利得飽和、雑音特性のファイバパラメータ、励起入力などへの依存性を定量化した。考察結果に基づいて実験を行い、連続波（CW）励起で20dB以上の増幅利得が得られることを実証した。また、安定な増幅を実現するには、誘導ブリュアン散乱の抑止が重要であることを明らかにし、その解決策を提案、実証した。

さらに、ファイバラマン光増幅を受信光前置増幅器、送信光ブースタ増幅器および非再生光増幅中継器として用いた光送信システムの伝送特性について考究し、いずれの場合にも非増幅時に比較して伝送距離の拡大が計れることを理論的に示した。実験では、光前置増幅器と光ブースタ増幅器の模擬実験系を構成し、ほぼ理論予測通りの符号誤り率特性が得られることを示した。以上の研究により、ファイバラマン光増幅が光通信システムの伝送距離の拡大に有効であることを明らかにした。

次に、光ファイバ伝送系におけるファイバ入力パワー限界の観点から、誘導ブリュアン散乱しきい値の諸特性について考究した。まず、CW光の場合、低損失な単一モードシリカ光ファイバのしきい値が10mW以下であることを示し、半導体レーザを光源として誘導ブリュアン散乱を初めて観測した。また、光源が多軸モードレーザの場合について、軸モード数のしきい値への影響について理論的、実験的に明らかにした。さらに、光源がそれぞれ強度変調、周波数変調、位相変調された場合のしきい値を理論的に導出し、CW光の場合よりも大きくなることを示した。周波数変調と位相変調の場合に関して、

理論の正当性をブリュアン利得、誘導ブリュアン散乱しきい値の測定によって実証した。この研究により、光通信システムにおいて、送信光パワーを向上させた際の誘導ブリュアン散乱の影響を明らかにした。

論文の審査結果の要旨

光ファイバは、狭い断面積内に光波を閉じ込め相互作用長を長くとれることから、非線形光学媒質として注目されている。本論文は、光ファイバの誘導ラマン散乱と誘導ブリュアン散乱に関する基礎と、その光通信への応用に関する研究をまとめたものである。石英光ファイバの誘導ラマン散乱は比較的低い励起パワーレベルで起こり、数テラヘルツにも及ぶ広い周波数帯域に渡って光増幅作用が得られる。著者は、これに着目し、初めて、光ファイバの誘導ラマン散乱を大容量光通信システムにおける増幅器に応用することを考えた。

まず、著者は、光ファイバ中における励起光とストークス光の間の非線形結合方程式を解くことによって、光ファイバラマン増幅の基本特性について理論的に考察し、光通信に用いる増幅器として十分可能性のあることを明らかにした。さらに、YAGレーザを用いた連続波励起の実験によって、前方および後方励起いずれの場合も20dB以上の増幅度の得られることを初めて示した。また、増幅時に起る時間変動の原因を究明し、これを避けるため、高繰返しパルスレーザを用いた後方励起法を提案し、その有効性を実験によって確かめた。

次に、再生中継を行なう光通信システムへの応用を考え、光ファイバラマン増幅の導入による中継距離拡大のための諸方式について理論的考察を行ない、最小受光パワーレベルの改善量を計算し、各方式ともかなりの中継距離拡大の可能性のあることを明らかにした。また、模擬実験によって理論の妥当性を示した。さらに、非再生光増幅中継系についても考察し、最大中継段数を見積り、数千キロメートルにも及ぶ中継が可能であることを示唆している。

最後に、長距離光ファイバ伝送系においては、しきい値の低い誘導ブリュアン散乱によって送信光パワーが制限されることを指摘し、100km程度以上の低損失光ファイバでは、単色光の場合しきい値は数ミリワットに過ぎないことを計算および実験によって示している。さらに、光源のスペクトルおよび変調方式の違いによるしきい値の変化について理論的考察ならびに実験を行なっている。

このように、著者は、光通信への応用という観点から、光ファイバにおける非線形光学効果について考察し、種々の有用な知見を得ると共に、世界に先駆けて、光ファイバ中の誘導ラマン散乱を光通信に応用できることを示した。これらの成果は、光エレクトロニクスの発展に寄与する所が大きく、本論文は博士論文として価値あるものと認める。