

光ファイバの散乱測定とその応用

片桐 瑞穂 (指導教員 佐藤 憲史)

1. 目的

近年、光ファイバ技術が急速に進歩し、従来の電気ケーブルや銅ケーブルに代わる通信手段として実用化されている。一般的に、光ファイバは通信媒体としての印象が強いが、通信用ケーブル以外の利用も期待されており、様々な測定装置への利用などの研究が進められている。本研究では、ファイバの散乱、特にブリルアン散乱に注目し、実験や測定を通し、その制御や利用を試みる。

2. ブリルアン散乱

2.1 原理

誘導ブリルアン散乱(Stimulated Brillouin Scattering)とは、光ファイバ内で発生する非線形光学現象で、あるパワー以上の光を光ファイバに入力した時にほとんどの光信号が入射点で反射される現象を言う。

光ファイバのような媒質に光を入射すると、エネルギーの一部は媒質中で熱エネルギーに変換され、熱振動を発生する。この熱振動により媒質中に超音波が発生し、入射光の一部の波長がわずかにシフトされ散乱が起きる。これが「ブリルアン散乱」である。この原理を図1に示す。

この時、散乱に寄与した音波の波長を λ_b 、周波数を ν_b とすると、

$$\Delta\nu = \nu_i - \nu_s = \nu_b / \lambda_i$$

となる。ここで λ_i 、 ν_i はそれぞれ入射光の波長と周波数、 λ_s 、 ν_s は散乱光の波長と周波数を示し、 ν は媒質中の音速を示す。

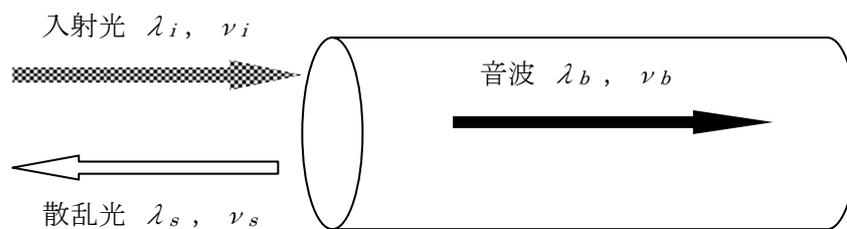


図1 ブリルアン散乱の原理

入射光の強度が比較的小さい状態では散乱光は微弱になり、あらゆる方向に散乱される。しかし、入射光の強度が増加してしきい値を超えると、散乱光の強度が急激に増加して入射光の強度と同程度になる。更に、その向きは入射光の反対方向になるため、入射光はほとんど反射されて媒質中に入らなくなる。この現象を「誘導ブリルアン散乱」と呼ぶ。

2.2 ブリルアン散乱の利用方法

ブリルアン散乱は光ファイバの歪みに依存する。このことから、ブリルアン散乱を測定することにより、建築物の壁面のひび割れや地層の発見に利用されている。

また、熱振動によっても発生するため、温度センサとしての利用もされている。

3. レーザの出力測定

ブリルアン散乱の測定には 20 mW～50 mW 程度以上の大きな出力を必要とする。

そこで、レーザ光を用いて、電流の値とモジュールの温度を変化させ、各温度における出力を測定した。測定には 10-1 カプラー、1.55 μm 帯 DFB (Distributed Feed Back) レーザを用い、温度変化は 5 $^{\circ}\text{C}$ ～25 $^{\circ}\text{C}$ の範囲で、5 $^{\circ}\text{C}$ ごととした。結果を図 2 に示す。

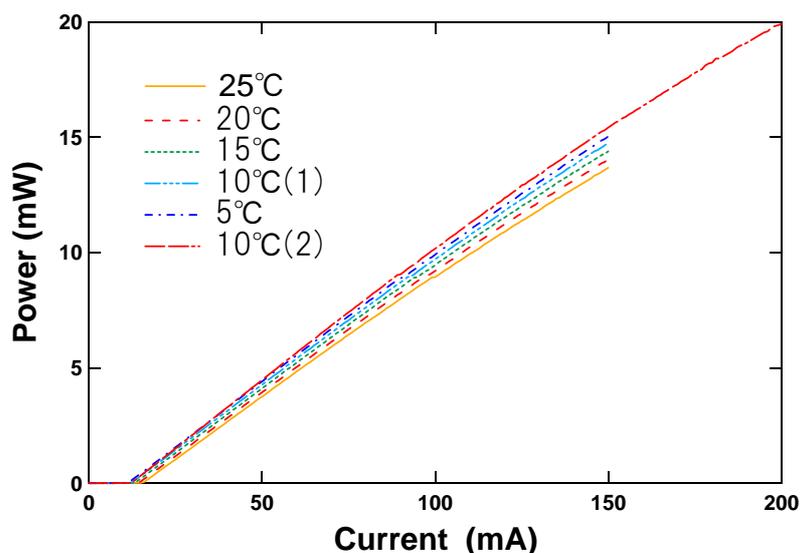


図 2 各温度におけるレーザの出力比較

この結果から、モジュールの温度が低い程出力は大きくなる。ここで、10 $^{\circ}\text{C}$ (2)の出力の値が 5 $^{\circ}\text{C}$ の出力より大きいのは、10 $^{\circ}\text{C}$ (2)のみ他の曲線と異なる日に測定したためによる誤差と考えられる。

モジュールの温度 10 $^{\circ}\text{C}$ で 200 mA の電流を流した時、目標値の 20 mW が得られた。しかし、これはブリルアン散乱の測定に必要な最低限の値であり、安定した測定のためには更に大きな値が必要である。使用しているモジュールは 200 mA より大きな電流を流すと壊れる危険性があり、どのようにしてより大きな出力を得るか、今後検討する必要がある。

4. 課題

レーザの出力測定の結果を基に、いくつかの条件で実際にブリルアン散乱の特性を測定し、測定結果からブリルアン散乱の制御方法や利用方法を検討する。

現在研究・実現されているブリルアン散乱の利用方法についての利点・改善点を考察する。

出典

Govind P.Agrawal , *NONLINEAR FIBER OPTICS* OPTICS AND PHOTONICS

西口 憲一, 岸田 欣増 光ファイバにおける漏れ光を考慮した誘導ブリルアン散乱の擾動解析 社団法人 電子情報通信学会

http://www.neubrex.jp/pdf/j_paper_perturbation_analysis.pdf