

酸化ゲルマニウムガラス光ファイバ

古河電気工業株式会社 横浜研究所 柴田 俊 昭

赤外ファイバに要求される大きな特性は、より長波長の光を低損失で伝送することです。この特性を持つ材料としては現在、重金属酸化物ガラス、フッ化物ガラス、カルコゲンガラス、重金属ハロゲン化物結晶体が有望であり各研究機関でその開発が進められています。低損失の光ファイバ作製技術に関しては、石英系ファイバで既の実証されている気相合成法が現在最も優れた方法として考えられています。赤外線伝送用光ファイバの中で気相合成法が適用できる材料は、唯一、酸化ゲルマニウムガラスがあり、我々は実際にVAD(Vapor Phase Axial Depositon)法にて作製し、低損失のファイバを作製しています。ここでは、酸化ゲルマニウムガラスファイバの作製及び応用について述べます。

1. 酸化ゲルマニウムガラスファイバの作製法

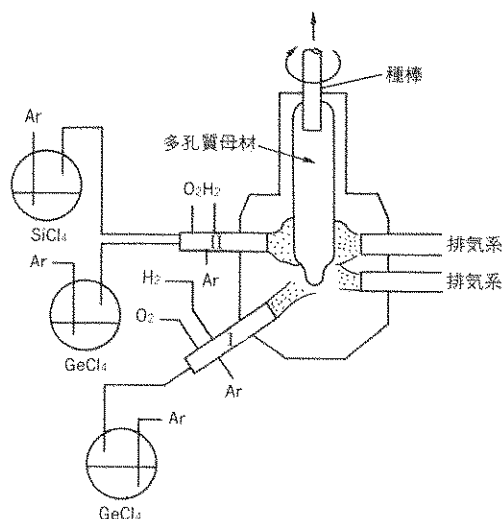


図1 多孔質母材作成法の概略図

出発原料は、 GeCl_4 (四塩化ゲルマニウム) 及び屈折率制御用ドーパントとして SiCl_4 (四塩化ケイ素) を使い、図1に示したVAD法により作製します。Iの酸水素炎バーナーにてコア部を、IIの酸水素炎バーナーにてクラッドを合成し、多孔質母材を作製します。この母材は、酸水素炎による加水分解反応により合成しますので光ファイバにとって大きな障害となるOH基が多く残存します。このため図2に示した方法により母材中の水分の除去を行い、石英系ファイバと同様に線引きします。このファイバのコア、クラッドの比屈折率差は、0.56%でNA値は0.17の値を得ています。このファイバの伝送特性を図3に示します。最低損失値は波長1.32 μm で4 dB/km、波長1.6~2.0 μm の領域で約5 dB/kmと低損失のマルチモードファイバが得られています。

シングルモードの酸化ゲルマニウムガラスファ

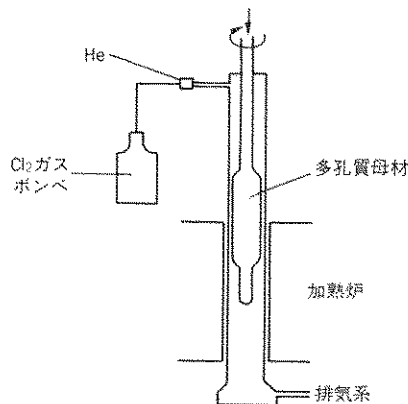


図2 多孔質母材の脱水処理・焼結方法

ファイバを作製すべく我々は、VAD法にてファイバ母材を作製しコア、クラッド系比の調整のため、更にこの母材に外付CVD法にてクラッド合成を行い、コア系 $4\mu\text{m}$ 、クラッド外径 $125\mu\text{m}$ のファイバを作製しました。このファイバのカットオフ波長は、設計値 $0.95\mu\text{m}$ に対して $0.73\mu\text{m}$ でした。これらは、コア、クラッド成分の分散の影響を受けたと考えられ、コア、クラッドの屈折率差の調整により長波長側にシフトできるものと考えています。このファイバの最低損失は波長 $1.12\mu\text{m}$ で 14.4dB/km です。

2. 酸化ゲルマニウムガラスファイバの応用

酸化ゲルマニウムガラス光ファイバは赤外ファイバの中で唯一気相合成法により作製できるため他の材料より低損失で長尺ファイバが作製できます。その光伝送範囲は可視光から波長 $2.5\mu\text{m}$ までと広がっています。このファイバの応用としては、波長 $2\mu\text{m}$ 帯を利用した低温測定用放射温度計等が考えられていますが、最近赤外ファイバとしてよりも非線型光学用ファイバとして注目されるよ

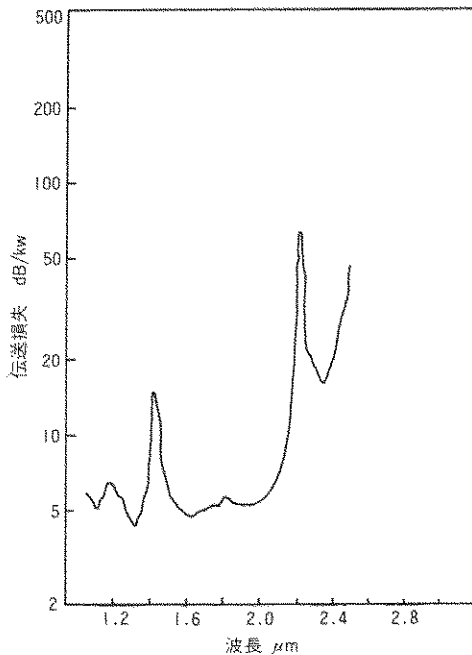


図3 クラッドにケイ素を添加した酸化ゲルマニウムガラスファイバの損失スペクトル

うになっています。

非線形光学現象は、光の強度密度及び光と物質の相互作用長に依存するもので、その効果には、誘導ブリリアン散乱、誘導ラマン散乱、自己位相変調等があります。この中で誘導ラマン散乱は、光ファイバを用いて精力的に研究されています。

光ファイバの構成分子が振動数 ν で振動している物質に光を当てると入射光と同じ周波数 ν_0 の光の他に入射光の周波数と異なる周波数 $\nu_0 \pm \nu$ の光が散乱されます。入射光より低周波成分の光をストークス光、高周波数成分の光を反ストークス光と呼びます。ピーク出力の高い光がシングルモード光ファイバに入射すると分子振動の変化が強制的に駆動されます。この時、分子振動は一斉に位相をそろえた振動を起こし、散乱光は強力でコヒーレントな光となります。このような散乱を誘導ラマン散乱と呼びます。この誘導ラマン散乱現象に対して酸化ゲルマニウムガラスは極めて有利なガラスといえます。図4に各種ガラスのラマン散乱強度を示しました。酸化ゲルマニウムガラスのラマン散乱光強度は石英ガラスより約1桁大きくなっています。

図5に酸化ゲルマニウムガラスファイバの誘導

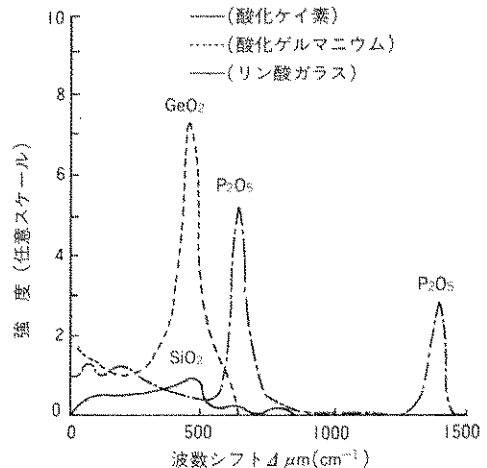


図4 酸化物ガラスのラマン散乱強度

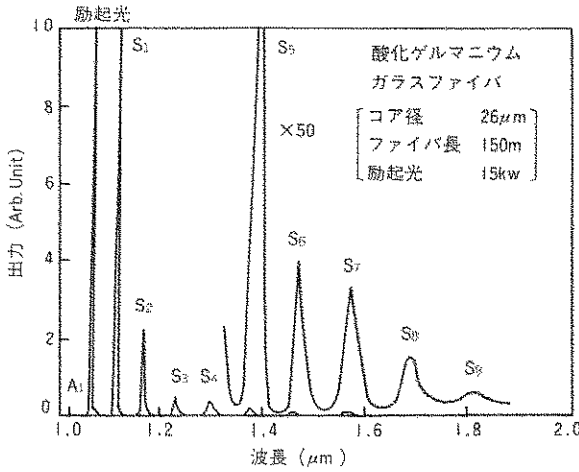


図5 誘導ラマン散乱スペクトル

ラマン散乱スペクトルを示します。使用したファイバは、コア径 $26\mu\text{m}$ 、ファイバ長 150m 、比屈折率 0.3% のマルチモードファイバです。励起光は波長 $1.064\mu\text{m}$ のNd:YAGレーザをQ-sw、Mode Lockパルスを使用します。入射は10倍の対物レンズを用い単一通過での出力光を分光器を通し、検出器はGe-PDとPbSを使用します。石英ガラスの時、波長 $1\mu\text{m}$ 帯では5次のストークス光まで観察されましたが酸化ゲルマニウムガラスの場合は、9次ストークス光まで観察され、励起光と1次ストークス光の間のシフト量は 425cm^{-1} となっています。これらの結果より、1つ波長のレーザー光入射により9本のレーザー光が得られる事から種々の分光分析用の光源としての応用が考えられています。また、誘導ラマン散乱強度が高い事から図6に示したように適当なポンプ光を選び信号光Aの増幅を行う、すなわち光の光による増幅が可能となります。今後、これら応用にはより低損失のシングルモードファイバの開発が必要となります。

酸化ゲルマニウム 光ファイバ

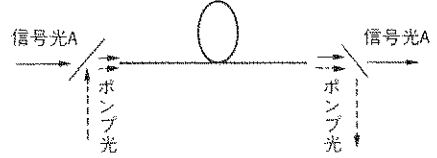


図6 ファイバラマン増幅例

筆者紹介



柴田俊昭 (しばたとしあき)
 1974年 千葉工業大学 大学院修士過程 (工業化学専攻) 卒業
 同年 古河電気工業株式会社 入社
 現在 研究開発本部 横浜研究所 素材研究部 主任研究員
 これまで主に光ファイバの研究開発に従事