

課題番号 2005B0799

課題名 シリカベース増幅用光ファイバ中の添加金属元素の局所構造解析

使用ビームライン BL01B1

実施期間 2005/10/27 AM10:00 ~ 10/29AM10:00

実験参加者 住友電気工業 春名 徹也(0015661) 飯原 順次(0003239)

1. はじめに

光通信分野において Er 添加ファイバ光増幅器(EDFA)は光を直接増幅できる媒体として最も広く実用化されている。この EDFA に対する要求の一つとして、増幅強度の平坦化がある。この要求を達成する方法としては Al の共添加が有効であることが知られている。この現象は、Er 添加ガラス中に Al を共添加することで、ガラス中における Er 局所構造が変化するためと推測される。これまで様々なバルクガラスにおいて、ガラス中の Er 局所構造解析は実施されてきたが、ファイバ中の Er 局所解析をしたという報告はなく、われわれが BL16B2 にて 7 素子 SDD 検出器を用いた測定を試みてきた結果のみである。今回さらなる精度向上のために 19 素子 SSD を用いた測定を行った。

2. サンプル準備

表 1 に評価に使用した EDF の組成を示す。Er 添加濃度は、510~1360wtppm、Al 添加濃度は 0~6.5wt%。Ge 添加濃度は 3.4~4.1wt%で、ファイバコア径は約 14~20 μm であった。分析試料中の Er の相対的な濃度を上げるために、全長 100m のファイバサンプルをフッ酸に浸漬し、クラッドガラス部を外径 20 μm まで除去した後、メノウ乳鉢にて粉碎し粉末化し測定を行った。

表 1. 測定資料一覧

試料 No	添加元素	測定前状態	測定時状態	濃度		
				Er [wtppm]	Al [wt%]	GeO ₂ [wt%]
A	Er,Al,Ge	ファイバ	粉末	958	6.5	5.89
B	Er,Al,Ge	ファイバ	粉末	1022	3.57	5.52
C	Er,Al,Ge	ファイバ	粉末	1357	1.43	4.88
D	Er,Al,Ge	ファイバ	粉末	840	0.4	4.5
E	Er,Ge	ファイバ	粉末	840	0	5.58
F	Er	ファイバ	粉末	510	0	0

3. 測定条件

使用ライン：BL01B1、

モノクロメーター：Si 111×2

ミラー：Rh コート、5mrad

I0：17cm イオンチャンバー、高圧；1 kV、N₂ ガスフロー

X線サイズ：5mm^W × 0.3mm^H

検出器：19 素子 SSD 試料からの距離約 100mm

測定方法 EDF サンプル：蛍光法 Er₂O₃：透過法

4. 測定結果

図 1 に、XANES の測定結果を示す。特徴としては以下の 3 点が現れている。

- Er₂O₃ に認められる 8.36KeV 付近でのピークが、光ファイバ(試料 No. A~F)では認められない。
- 全サンプルで 8.36KeV 付近に吸収ピークが確認できることから、Er の最近接原子としては O が主であると判断できる。またこのピーク位置が光ファイバ試料において、Er₂O₃ に比べ低エネルギー側にシフトしている。
- 8.40KeV 近傍の第 2 ピークが Al 濃度が少ないと高エネルギー側にシフトしている。

Al が Er 周りの局所構造の変化に大きく関与していることが判る。

図 2 に、EXAFS の振動構造を示す。BL16B2 で 7 素子 SDD を用いた測定では $k=8$ 程度までの測定が精いっぱいであったのに対して、 $10 < k$ の測定が実施出来た。Al 共添加サンプル(試料 No. A~D)と Al 無添加サンプル(E,F)で比較した場合、振動の周期が大きく異なっている事が分かる。これは Er 周りの結合状態が大きくこの 2 者で異なっていることを示しており、このことから Al がガラス中の Er 周りの局所構造を大きく変える元素であることが分かる。

図 3 に、RDF の結果を示す。Er-O の結合距離に起因する 0.2nm の付近のピークが、Al 無添加サンプル(E,F)は、Al 添加サンプル(A~D)に比べ、短距離側にシフトしており、このことから、Al を共添加することで Er-O 結合距離が広がる事が分かる。

結果の定量解析は現在実施中であるが、以上の様に、Al 添加による Er 局所構造の変化を明瞭に捕らえることが出来た。

5. まとめ

BL01B1 で、19 素子 SSD を用いて EDF 中の Er 周りの局所構造解析を行い、EDF の増幅特性に大きく関与している Al に対して Er-O 配位数、結合距離の依存性を定量的に分析することができ、EDF の増幅メカニズムを詳細に理解する上でガラス中の Er 周りの局所構造解析からのアプローチを行う指針が得られた。

以上

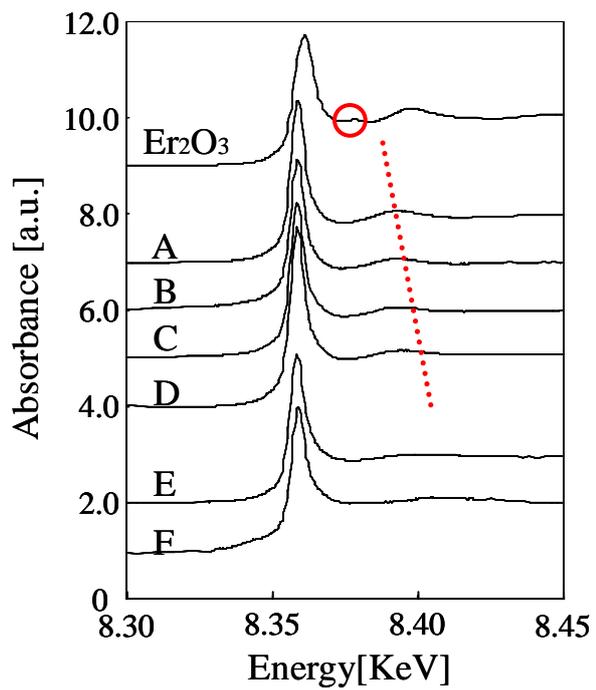


図 1. XANES スペクトル結果

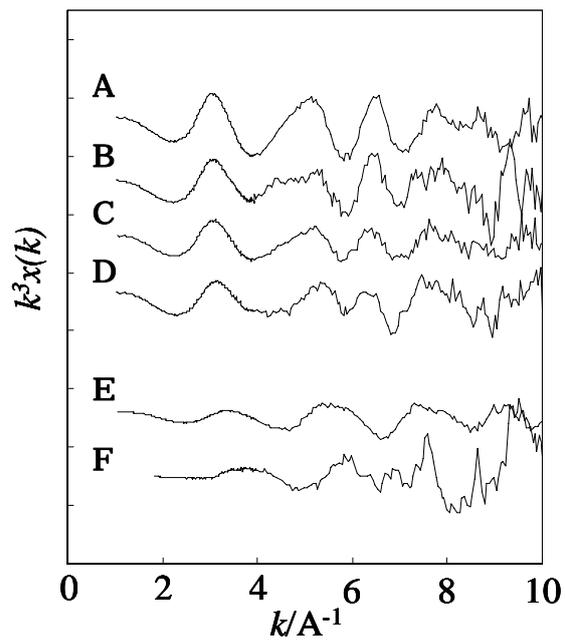


図 2. EXAFS 振動構造

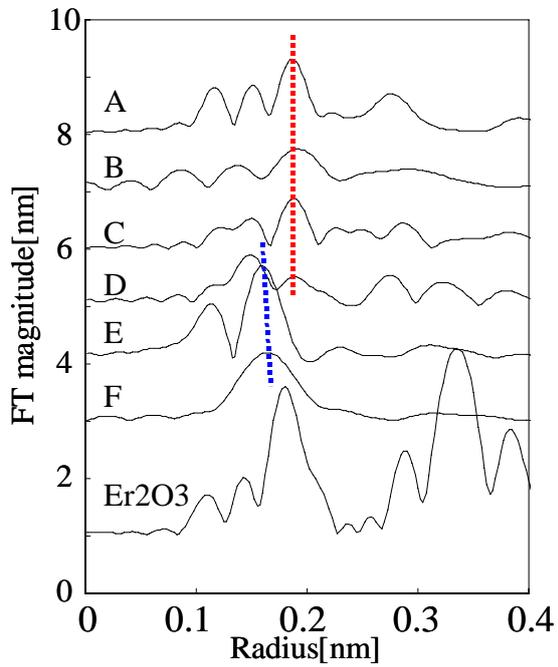


図 3. RDF 解析結果