

光増幅ファイバ用新材料における添加元素の局所構造解析 Local Structure Analysis of New Material for Optical Fiber Amplifier

飯原 順次, 斎藤 吉広
Junji Iihara, Yoshihiro Saito

住友電気工業(株)
Sumitomo Electric Industries, Ltd.

我々は、光増幅用 Er 添加ファイバ(EDF)の増幅帯域拡大を目指し、SiO₂ ガラスへの新しい共添加元素を探索している。今回、分子動力学シミュレーション等から有効性が予測された Ba 共添加に関し、実際に SiO₂ ガラス試料を作製し、XAFS 法により Er 周囲の局所構造を解析した。その結果、Ba 濃度増加に伴う Er-O 配位数増加を確認した。別途、Ba 共添加による Er 蛍光スペクトルのブロード化も確認されており、上記の局所構造変化に起因するものと考えられる。

キーワード： EDF、増幅帯域、XAFS

背景と研究目的：

波長多重(WDM)方式の光伝送では、複数の波長の光信号を(電気信号への変換なし)に一括で増幅する光増幅の技術が用いられている。今日の通信容量増大に対応するため、光増幅器の波長帯域拡大が重要課題となっている。

従来、C バンド(波長 1530~1565nm)、及び、L バンド(同 1565~1610nm)の光増幅器として、Er を添加した SiO₂ 系ファイバ(EDF)が用いられている。ここでは、Er の 4f 電子の蛍光現象を利用し、誘導放出による光増幅を実現している。定性的には、Er の蛍光スペクトルがブロードである方が、増幅可能な波長帯域の拡大に有利である。

一般に、Er の蛍光スペクトルは、その周りに配位しているイオンによる電場の影響を受けることが知られている(cf. シュタルク効果)。また、EDF の場合、Er に加え Al を共添加することで、蛍光スペクトルのブロード化を実現できることが経験的に知られている。この現象には、Al 共添加による Er-O 配位構造の変化が関連しているはずだが、その詳細メカニズムは未解明であった。

我々は XAFS[1]および X 線散乱[2]を用いた解析から、Al 濃度増加に従い、Er-O 配位数が増加することを明らかにした。次に、分子動力学シミュレーションにより、上記の構造変化を再現することに成功した[2]。更に、シミュレーションを用いて、Al を凌駕する共添加元素を探索した結果、新しい共添加元素として Ba が有望であることが予測された。

本研究では、Er-Ba 共添加 SiO₂ ガラス試料を試作し、Ba 濃度の増加による Er-O 配位数の変化を、XAFS 法により分析した。

実験：

ガラス試料の作製には、浮遊溶融法を用いた。試料の組成は、SiO₂ : ErO_{3/2} : BaO = 1000 : 1 : x (x = 1, 5, 9, 249 の 4 水準)、試料形状は直径 1mm 以下の球形となっている。また、Er 蛍光スペクトルの測定から、Ba 濃度の増加に伴うスペクトルのブロード化が確認されている。試料作製の詳細、及び、蛍光スペクトル測定結果については、別途報告予定である[3]。

XAFS 測定は SPring-8 の BL14B2 にて実施した。検出器には 19 素子 SSD を使用し、蛍光法により測定した。測定では、上記ガラス試料を粉碎し、両面テープに貼り付けたものを用いた。得られたスペクトルは、REX2000 及び FEFF8.4 シミュレータを用いて解析を行った。

結果および考察：

図 1 に示すように、XAFS 測定から得られた RDF では、最近接 Er-O ペアに対応するピークが、180 pm 付近に確認された。また、いずれの試料でも主ピークが一本しかなく、従来の Al 共添加 EDF の測定結果と比較すると[1]、非常にシンプルなスペクトル形状であると言える。ピーク高さ

については、Ba 濃度増加に従って(=図中 (a)→(b)→(c)→(d)の順に)、高くなる傾向を示している。

次に、この RDF をフィッティングし、Er-O の結合距離と配位数を算出した。結果として、Er-O 結合距離については、試料間に有意差は認められなかった。一方、Er-O 配位数は、Ba 濃度と共に増加する傾向があることが見出された(図 2)。特に、低 Ba 濃度領域での Er-O 配位数変化が顕著である。

以上の結果より、Ba 共添加により Er-O 配位数が増加が、Er 蛍光スペクトルのブロード化をもたらしていると考えられる。

今後の課題：

ビームタイムの制約から Ba 濃度 0.9 % から 24.9 % の間の試料の測定が未実施である。これらの試料についても追加測定を実施し、Er-O 配位数の変化を調査することが今後の課題である。

謝辞：

ガラス試料作製、蛍光スペクトル測定等を実施頂き、解析結果に関して有意義な議論をして下さった東京大学・生産技術研究所の井上博之教授、増野敦信助教に深謝いたします。

参考文献：

- [1] T.Haruna, J.Iihara, K.Yamaguchi, Y.Saito, S.Ishikawa, and M.Onishi: OPTICS EXPRESS., 14 (2006) 13.
- [2] Y.Saito, J.Iihara, K.Yamaguchi, T.Haruna, and H. Inoue: Proceedings of 6th SRMS (2008) 12.
- [3] 増野敦信, 井上博之: 未発表データ

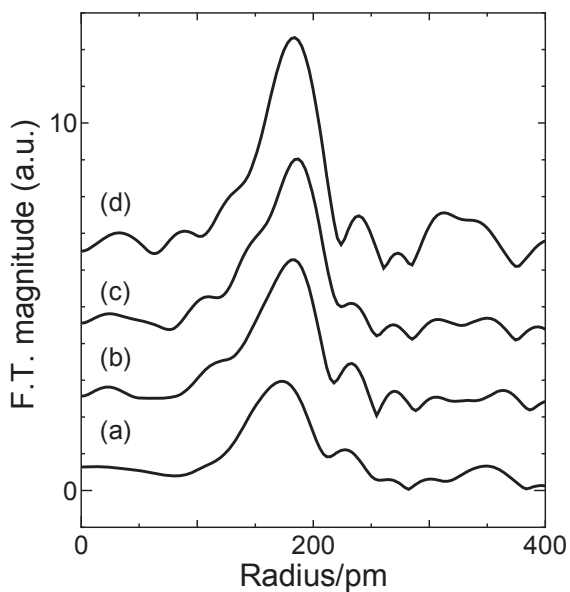


図 1. RDFs of Er in Er-Ba co-doped SiO₂ glasses: (a) Ba 0.1 %m/m (b) Ba 0.5 %m/m (c) Ba 0.9 %m/m (d) Ba 24.9 %m/m.

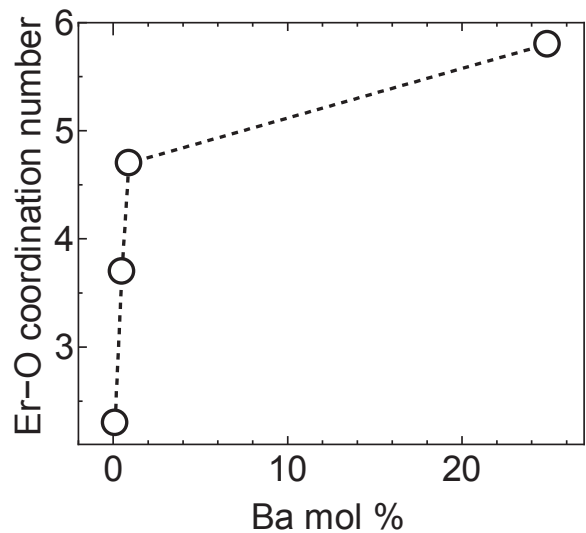


図 2. Er-O coordination number versus Ba concentration.