

# Er 添加光ファイバ中の構造解析

住友電気工業(株) 齋藤吉広

ysaito@sei.co.jp

長距離光ファイバ通信システムにおける光増幅では、コアのシリカガラスに Er などの希土類元素を添加したファイバが利用されている。実際のファイバでは、Er の他に Al などの元素を共添加することにより増幅帯域の改善を図っている。メカニズム的には、Al 共添加により Er 周囲の配位構造が変化し、最終的な帯域特性の変化をもたらすと考えられているが、詳細は解明されていない。本研究は、X 線散乱と XAFS 測定、及び、分子動力学シミュレーションにより、Er 添加光ファイバの構造解析を行い、特性改善の指針を得ることを目的としている。

測定サンプルには、光ファイバの被覆樹脂とクラッド層を精密エッチングにより除去し、数  $\mu\text{m}$  のコアだけを抽出したものを用意した。これをキャピラリーに充填し、BL16XU にて X 線散乱測定を行った。サンプル室の He 置換や X 線経路への減圧管配置などバックグラウンド低減により、微量サンプルでも良好な散乱スペクトルと動径分布関数を得ることが可能となった。

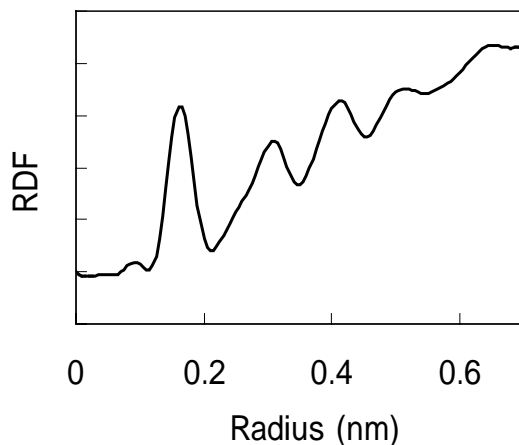


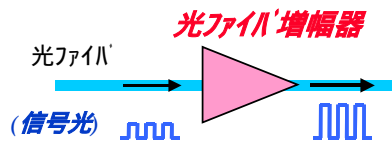


図 Er 添加光ファイバの動径分布関数

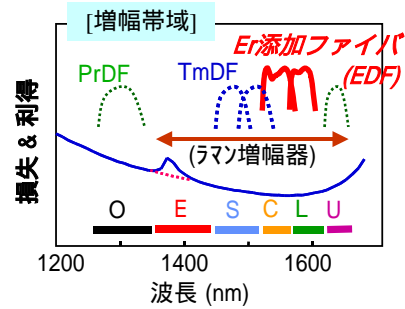
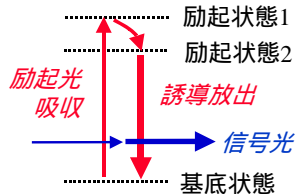
	
<b>発表者</b>	住友電気工業(株) 齋藤、飯原、山口
<b>課題番号</b>	・ C04B16XU-3030-N、C05A16XU-3030-N ・ C04B16B2-4030-N、C05A16B2-4030-N
<b>報告内容</b>	1. 背景と目的 - 光ファイバ増幅器の高機能化 2. アプローチ - Er添加光ファイバ構造解析 3. 結果 - SPring-8 X線散乱/XAFS測定の結果 - MDシミュレーションによる構造モデル作成 - 構造解析結果の検証 4. まとめ
	

## 光ファイバ増幅器の特徴



## [希土類添加ファイバ]の増幅機構

発光種(希土類イオン) エネルギーレベル

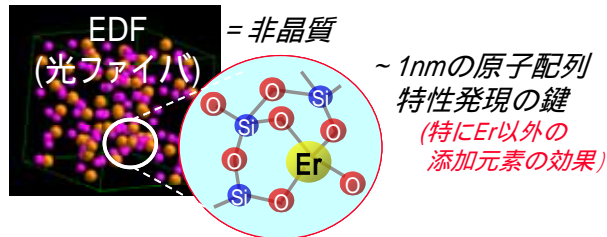


- [特長] ・高効率、高利得、低雑音  
 [用途] ・波長多重伝送用広帯域アンプ  
 ・CATV用高出力アンプ、etc

## [課題]

- ・光ファイバ原子配列 特性の相関把握  
 (高機能化のための材料設計技術の開発)

## 2. アプローチ - Er添加ファイバ(EDF)の構造解析

EDFのナノ構造  
解析技術の開発

## (実験)

## X線散乱分析

主にSiO<sub>2</sub>ガラス骨格構造に関する情報(動径分布関数)

## X線吸収分析

特定原子(Er)の周辺構造

## (シミュレーション)

## 分子動力学法

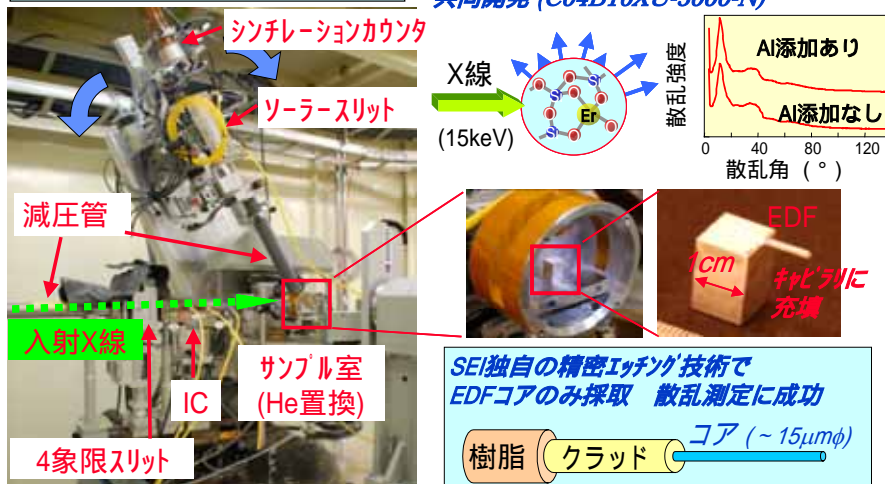
非晶質の構造モデル作成  
(安定構造の探索)構造モデルの  
妥当性検証

## 発光特性予測

## 材料設計

## 3. 結果 X線散乱分析

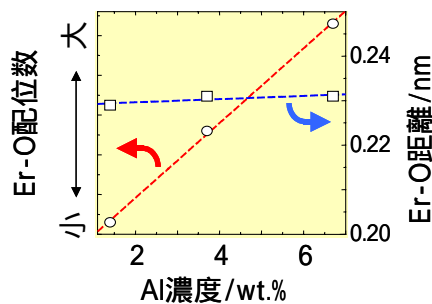
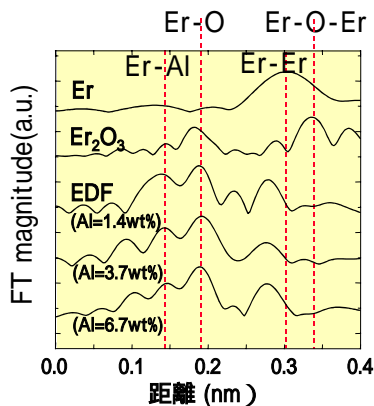
## X線散乱測定装置(BL16XU)

\*BG低減技術はサンプル-45社&JASRIで  
共同開発 (C04B16XU-3000-N)SEI独自の精密エッチング技術で  
EDFコアのみ採取 散乱測定に成功

樹脂 (クラッド) コア (~15μmφ)

XAFS測定(BL16B2)

\*飯原5 2006年産業利用報告会



- ・7素子SDD検出器使用
- ・動径分布関数を算出

- ・Er周辺の構造が大きく変化
- ・添加元素(Al)濃度を増やす
- ・Er周囲の酸素配位数も増加

原子間ポテンシャルの最適化

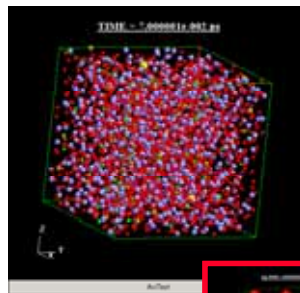
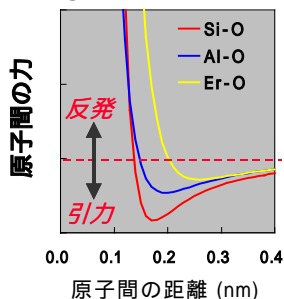
シミュレーションで安定構造探索

(\*東京大学と共同研究)

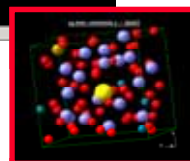


類似組成の結晶に適用  
(安定性を検証)

・原子数 ~ 3000個(うちEr = 2個)

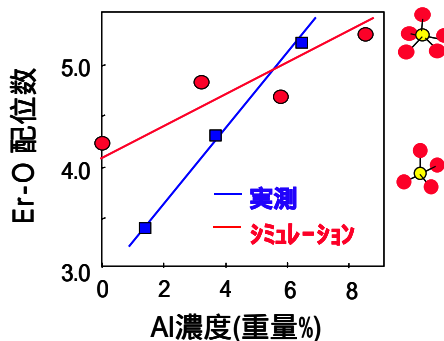
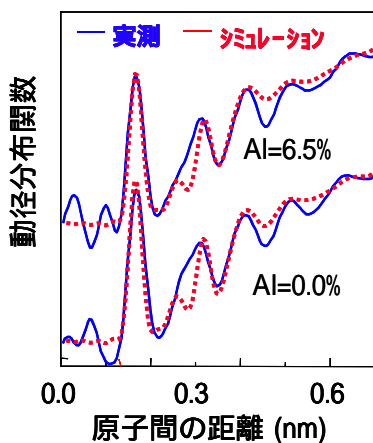


最終的な安定構造  
(Er周囲を拡大)



X線散乱

X線吸収



- ・実験 シミュレーション整合
- ・「Al添加 Er-O配位数増」を初めて確認(吸収測定&シミュレーション)

- 光増幅器用Er添加ファイバ (EDF) に関し、
- X線散乱/吸収測定による構造解析を行った：
  - X線散乱測定(BL16XU)：
    - 精密エッチングによりEDFコア採取 キャピラリ法で散乱測定に成功
    - (サンプル室He置換などによりBG低減)
  - XAFS測定(BL16B2)：
    - Al 添加量を増やす Er-O配位数の増加を確認(特許出願)
  - MDシミュレーションとの比較：
    - ポテンシャルパラメータ最適化 X線散乱/吸収測定結果と整合
- [今後] 構造モデルからの発光特性計算 (物性予測 & 材料設計)