

課題番号 : F-21-HK-0020  
利用形態 : 共同研究  
利用課題名(日本語) : 原子層堆積法を用いた赤外光ファイバーセンサーへの機能性ナノ薄膜の形成  
Program Title (English) : Atomic layer deposition onto an optical fiber for environmental sensor  
利用者名(日本語) : 上原日和  
Username (English) : Hiyori Uehara  
所属名(日本語) : 自然科学研究機構 核融合科学研究所  
Affiliation (English) : National Institute for Fusion Science  
キーワード/Keyword : 成膜、表面処理、原子層堆積法、光ファイバーセンサー

## 1. 概要(Summary)

利用者は、赤外吸収分光の高速・高感度な特徴と、光ファイバーセンサーの遠隔性を組み合わせた「赤外光ファイバーセンサー」の開発を行っている。令和3年度、利用者らは、側面研磨型フッ化物ファイバーで生じるエバネッセント光を利用した赤外光ファイバーセンシングを世界で初めて実証した。

本共同研究では、当該センサーデバイスの実用化・社会実装を視野に入れ、潮解性の高いフッ化物ガラス光ファイバーへの新規耐水・親水コーティング技術を開発する。原子層堆積法(ALD)をフッ化物光ファイバーセンサーに初めて適用し、センサー性能を維持しつつ、デバイスの耐候性を飛躍的に向上させることに成功した。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

- ・原子層堆積装置 SUNALE-R
- ・電界放射型走査型電子顕微鏡 SEM JSM-6500FA

### 【実験方法】

まず、直径  $130\ \mu\text{m}$  の  $\text{ZrF}_4$  系フッ化物ガラス(ZBLAN)光ファイバーに  $\text{TiO}_2$  と  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を ALD 装置で厚さ  $50\ \text{nm}$  ずつ積層し、成膜の均一性を FE-SEM と EDX 観察により評価した。

続いて、加速劣化試験での耐水性評価を行った。 $\text{TiO}_2$  と  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を ALD 装置で厚さ  $50\ \text{nm}$  ずつ積層したコアレス ZBLAN ファイバーを、 $60^\circ\text{C}$  の水に浸漬させながらプローブ光を導光し、透過光パワーの経時変化を評価した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

フッ化物ファイバーでは、ガラスが露出した側面・端面のほか、樹脂被覆部とガラスとの界面が物理的・化学的に脆弱である。ALD コートした ZBLAN ファイバーの顕微鏡観察と元素マッピングの結果、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  と  $\text{TiO}_2$  がガラスフ

ァイバーの側面・端面・樹脂被覆部および被覆部との界面の全体に連続的にコーティングされていることを確認した。なお、膜厚は二層で  $100\ \text{nm}$  であり、エバネッセント波を利用した光センシングには影響を与えない。

Fig. 1. は、過酷劣化試験の結果である。ALD 成膜によって、潮解による失透が抑制され、フッ化物ファイバーの耐候性が著しく改善した。さらに、酸化物表面による親水性の向上が確認され、センサーデバイスの実用性を大幅に高めることに成功した。

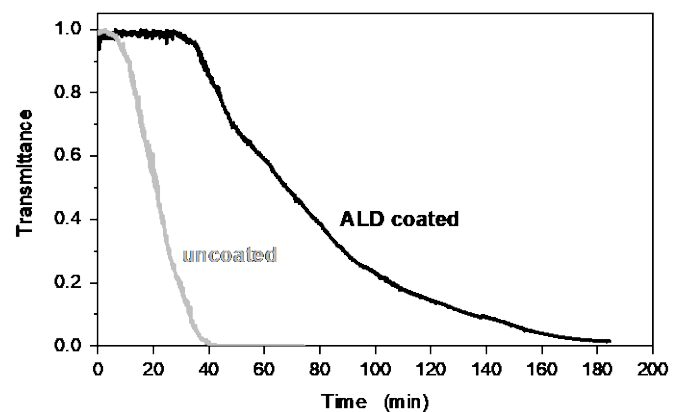


Fig. 1. Accelerated hygroscopic aging for an ALD-coated fluoride glass fiber.

## 4. その他・特記事項(Others)

なし。

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- H.Uehara et al., Sens. Actuators B Chem. **351**, 130904 (2022).
- H. Uehara, Sci. Rep. **11**, 5432 (2021).

## 6. 関連特許(Patent)

- 上原日和ほか、特願 2021-069885
- 上原日和、松尾保孝ほか、特願 2022-019461