

フッ化物光ファイバーデバイスの需要拡大のための 耐候性・親水性ナノ薄膜の形成

Proposal for high-durability coating on fluoride fiber devices by atomic layer deposition

核融合研¹, 北大電子研², 秋田県大³, 横国大⁴, 三星ダイヤモンド工業(株)⁵

○上原 日和¹, 松尾 保孝², 合谷 賢治³, 西島 喜明⁴, 安原 亮¹, 村上 政直⁵, 小西 大介⁵

NIFS¹, Hokkaido Univ.², Akita Pref. Univ.³, Yokohama Natl. Univ.⁴, Mitsuboshi Diamond Ind. Co.,

Ltd.⁵, °Hiyori Uehara¹, Yasutaka Matsuo², Kenji Goya³, Yoshiaki Nishijima⁴, Ryo Yasuhara¹,

Masanao Murakami⁵, Daisuke Konishi⁵

E-mail: uehara.hiyori@nifs.ac.jp

赤外吸収分光を利用した高速・高感度なセンシングデバイスや、中赤外波長で高出力な固体・ファイバーレーザーに対する需要が高まっている。著者らは、Zr系フッ化物ガラス（ZBLAN）光ファイバーを利用した高出力な中赤外ファイバーレーザーを世界に先駆けて開発した。さらに、著者らは、最近、ZBLANファイバーの側面を研磨したエバネッセント型の赤外式ガスセンサーを世界で初めて実証した。

これら、ファイバーレーザーや光ファイバーセンサーの様々な応用形態を考慮すると、高温・高湿度下や液体中、過酷環境下における長期間の使用が想定される。しかし、ZBLANに代表されるフッ化物ガラスは耐水性が極めて乏しく、容易に潮解することが知られている。高出力動作によってファイバーレーザーは損傷し、センサー利用においても、水溶液中や高温下で、被覆界面や融着面近傍などの脆弱箇所を起点に失透・腐食が急速に進行する。

実用に足るフッ化物ファイバーデバイスの実現には、革新的なコーティング技術の確立が不可欠であり、今回著者らは、「原子層堆積法（ALD; atomic layer deposition）」の利用を新たに提案する。ALDは、金属酸化物や窒化物を原子層レベルで厚さ制御しながら堆積させる気相成膜法の一つで、いかなる複雑形状に対してもその全ての気固界面にピンホールフリーな緻密膜を均一に形成できる。そのため、ファイバー側面や端面、被覆界面など耐水性の低い箇所を確実に保護し、さらに、エバネッセント深さよりも十分に薄い膜厚 10 nm 程度でも、ピンホールの無い緻密膜ができるため、耐水性や親水性を保ちながらも光センシングの相互作用長に影響を与えない。

本研究では、フッ化物ガラス光ファイバーを利用したセンサーやファイバーレーザーなどデバイスへのALD適用を提案すべく、ZBLANファイバーへの酸化物ALD成膜を試みた。TiO₂とAl₂O₃を厚さ 50 nm ずつ積層したZBLANファイバーを作製し、ファイバー側面、並びに被覆界面において酸化膜が均一にコーティングされていることを確認した。また、コアレスZBLANファイバーを加熱した水中に浸漬させ、加速劣化試験を行った。その結果、ALD成膜後のZBLANファイバーでは、潮解による劣化速度が低下した。講演では、検証結果の詳細や、ALDでのフッ化物ファイバー保護に関する提案や構想について報告する。