

ピコリットル容積の光ファイバ型分光セルを用いた 金ナノ粒子による光吸収スペクトルの取得

Acquisition of optical absorption spectra by gold nanoparticles

using an inline/picoliter spectrometer cell fabricated inside a glass optical fiber

創価大院工 ○(D)白石 正彦, 西山 道子, 渡辺 一弘, 窪寺 昌一

Soka Univ., Masahiko Shiraishi, Michiko Nishiyama, Kazuhiro Watanabe, Shoichi Kubodera

E-mail: e15d5201@soka-u.jp

当研究室では、近紫外フェムト秒レーザーによる石英系光ファイバへの穴あけ加工によって、ピコリットル容積で計測可能な光ファイバ型分光セルの有用性を示してきた[1]。本研究では、金ナノ粒子分散溶液を分光セルに注入し、ファイバ伝搬光と金ナノ粒子の相互作用により誘起させる局在型表面プラズモン共鳴(Localized surface plasmon resonance; LSPR)に基づく光吸収スペクトルの取得を目指した。

分光セルを構築するために、コア径 $62.5\ \mu\text{m}$ 、クラッド径 $125\ \mu\text{m}$ の石英系 MMGI ファイバを材料として選定した。Ti:Sapphire レーザーの第二高調波 $400\ \text{nm}$ を使用し、開口数 0.65 の対物レンズを用いて光ファイバへ集光した。パルス幅、繰返し周波数、パルスエネルギーは、それぞれ $350\ \text{fs}$ 、 $1\ \text{kHz}$ 、 $30\ \mu\text{J}$ とした。パルス光の集光位置は、光ファイバ表面から内部へ $50\ \mu\text{m}$ の位置となるように調整した。照射パルス数は 150 回として穴あけ構造を構築した。光ファイバを貫通する分光セルを構築するため、 150 回のパルス照射後に回転ステージにて光ファイバを 180 度回転させ、同様の条件でパルス光を照射した。構築した分光セルを含む光ファイバの断面 SEM 写真を Fig. 1 に示す。Fig. 1 (a) は光ファイバ端面全体を撮影した SEM 写真であり、白い点線の円は光ファイバコア層とクラッド層の境界を示している。Fig. 1 (b) は分光セルを拡大した SEM 写真となり、分光セルが光ファイバを貫通していることがわかる。写真から分光セルは複雑な形状をしていることがわかるが、コア部の分光セルの直径を $3\ \mu\text{m}$ としたとき、伝搬光と相互作用する容積はおよそ $0.4\ \text{pL}$ と見積もることができる。

分光セルに金ナノ粒子分散溶液を注入し、光吸収スペクトルを取得した。構築したピコリットル分光セルの光ファイバ片端にハロゲン白色光源、別の片端に小型分光器を接続し、分光セルを透過する光強度スペクトルを取得した。純水を分光セルに注入し、分光セルを透過した光強度スペクトルを I_0 として取得した。次に、金ナノ粒子分散溶液(粒径: $5-10\ \text{nm}$) を注入し、光強度スペクトルを I_1 として取得した。取得した光強度スペクトルの比から、金ナノ粒子分散溶液を注入したことによる光吸収スペクトルを算出した。金ナノ粒子分散溶液の金の濃度は $0.1\ \text{wt}\%$ から $4.0\ \text{wt}\%$ に変化させた。金ナノ粒子分散溶液をピコリットル分光セル内に注入した際の光吸収スペクトルを Fig. 2 に示す[2]。濃度 $1.0\ \text{wt}\%$ 注入時に、波長 $518\ \text{nm}$ 付近で光の吸収を得た。また、濃度の増加に伴い吸収ピークは増加し、 $4.0\ \text{wt}\%$ では 5.5% の吸収ピークが現れた。得られた光吸収スペクトルは数値計算と照らし合わせ、LSPR に基づくものと判断した。

参考文献：[1] K. Goya, et. al., Sens. Actuators B 210, 685 (2015). / [2] M. Shiraishi, et. al., Opt. Commun. 410, 8 (2018).

謝辞：本研究は JSPS 科研費 JP15K04735 の助成を受けたものである。

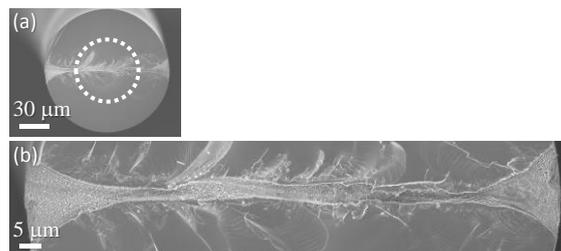


Fig. 1. SEM photographs of the cross-section views of glass optical fiber with the inline/picoliter spectrometer cell. (a) Whole cross-sectional view of a processed fiber with the spectrometer cell. (b) Enlarged view of a processed fiber with the spectrometer cell.

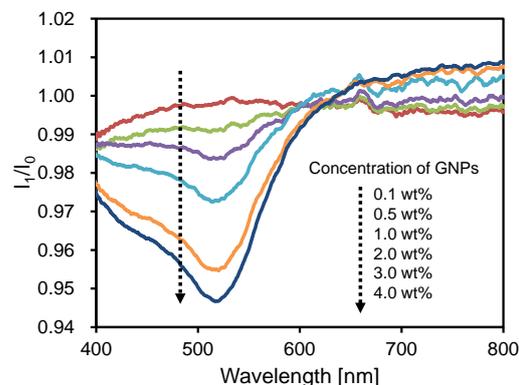


Fig. 2. Optical absorption spectra of LSPR obtained in the spectrometer cell. The increase of absorption associated with the increase of concentration of gold nanoparticles.