

Au-zeolite ハイブリッド構造を用いた生体ガスセンシング

SPR と分子捕集機能マテリアルの融合

Bio gas sensing by Au-zeolite hybrid structures

Fusion of SPR and Functional materials for molecular trapping

東大院工¹ °(M1)池田 麻友子¹, 松井 裕章¹, (M2)倉永 康博¹, (D3)朴 鐘潤, 田畑 仁¹

School of Engineering, University of Tokyo¹

°Mayuko Ikeda¹, Hiroaki Matsui¹, Yasuhiro Kuranaga¹, Jongyoon Park and Hitoshi Tabata¹

E-mail: mayuko.ikeda@biooxide.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

ヒトの呼吸や皮膚から排出される生体ガスは、代謝異常などの病気と密接に関連することが知られており、生体ガスをリアルタイムで非侵襲的に観測することが重要である。表面プラズモン (SPR) 技術による光学的なガス検出は室温下で動作し、これまでに幾つかの手法が提案されている。例えば、①金属表面上の気体の屈折率変化の直接的な検出や、②Au-CeO₂ (Au-SnO₂) ハイブリッド構造による触媒や酸化還元効果を利用した検出法である。一般的に、気体 (CO₂, O₂ など) の分子量は、生体分子量と比べ極めて小さく、屈折率変化に基づく SPR 技術においては微小なガス濃度の検出は難しい。

②は、金属に担架する材料とガス分子間の化学的反応に基づくため適用可能なガス種は制限される一方、高感度検出が期待できる手法である。

本研究では、分子捕集機能を有するゼオライトと表面プラズモン励起を示す金属材料のハイブリッド構造を適用して、SPR 技術に基づく新しいガスセンシングを目指す。ゼオライトはサブナノスケールの多孔質を内包した特異的な構造体を有し、微量なガスを高濃度に濃縮する働きを持つ。特に、ゼオライトの細孔サイズの制御によって幅広い分子選択機能や化学反応場が付与される。更に、ゼオライトへのガス分子の吸着・脱離は、環境温度によって制御可能であり、分子収集や分子放出機能を可逆的に行うことができる。本研究では、脂質代謝に伴う生体ガスに関連したアセトン分子に着目し、SPR エリプソメトリ技術を金属・ゼオライトのハイブリッド構造に応用した新しいガス検出手法の創出を目的とする。

2. 実験と結果

最初に、スパッタリング法で作製した金薄膜 (40 nm 膜厚) 表面上にゼオライトナノ粒子 (直径 100 nm) を塗布し、アセトンガスの吸着前後に対する SPR エリプソメトリ分光計測 (Ψ , Δ) を室温下で実施した。その結果、脂質代謝異常の患者から排出されるガス濃度 (約 1ppm) に対して、僅かな位相シフト ($\Delta\lambda < 3$ nm) を観測した¹⁾。Au-SPR における表面電場の染み出し長は 300 nm 程度であり、金薄膜の表面近傍に存在するゼオライトナノ粒子の屈折率変化の情報のみ位相シフトに反映される。それは、ゼオライトナノ粒子の膜厚は 1 μ m 以上あることに起因する。故に、高感度なガスセンシング実現のためには、センシング領域に表面電場の染み出し長を拡張する必要がある。

上記の課題解決を目指して、SPR エリプソメトリ分光の計算学的なアプローチ (フレネル関係式) を実施した。高い誘電率を持つ Ga₂O₃ を Au 薄膜表面上に積層することで、表面電場の染み出し長が 1 μ m 以上に大きく拡大する。Fig.1 は、36.6 nm の Au 薄膜表面上に 189 nm の Ga₂O₃ 層を堆積させた Ga₂O₃/Au 薄膜試料の SPR エリプソ分光の結果である。 $\tan(\Psi)$ スペクトルのディップは、単一の Au 薄膜よりも先鋭化され、同時に位相 (Δ) ピークも急峻になった。表面電場の染み出し長の拡大と急峻な位相ピークの実現により、低いガス濃度領域のセンシングが期待される。

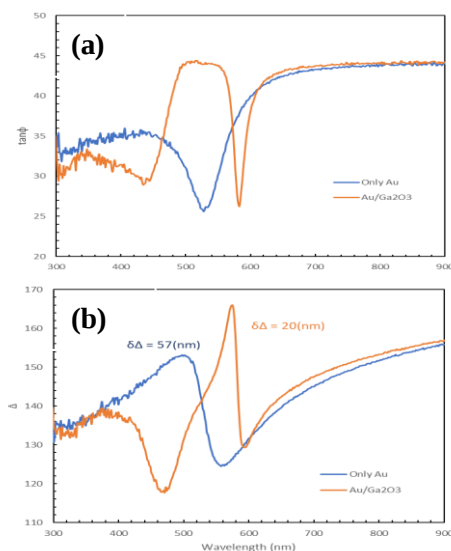


Fig.1. Wave length dependent on $\tan \Psi$ and Δ of Au and Ga₂O₃/Au thin film structures. (a) $\tan(\Psi)$, (b) Δ spectrum

参考文献

- 1) M. Ikeda, H. Matsui, *et al.*, "SPR-Ellipsometric Measurements for Zeolite-based Biogas Detection", OPJ2018, Optics & Photonics Japan, 31 Oct. 2018, Tokyo, Japan.