

Au-Zeolite 構造による生体関連のガスセンシング： 表面プラズモン励起の位相差検出の適用

Body gas sensing by Au-Zeolite Structured SPR sensors
Application for phase difference detection of surface plasmon excitation

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

School of Engineering, University of Tokyo¹

^oMayuko Ikeda¹, Hiroaki Matsui¹, Jongyoon Park and Hitoshi Tabata¹

E-mail: mayuko.ikeda@bioxide.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、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、金属表面上の気体の屈折率変化の直接的な検出が報告されている。気体 (CO₂, O₂ など) は、生体分子 (DNA やタンパク質) と比べ極めて分子量が小さく、屈折率変化に依存する SPR においては微小なガス濃度検出は困難である。また、金属の触媒機能を応用した Au-CeO₂ (SnO₂) 構造に基づく SPR 技術も報告されている。しかし、金属に担架する材料とガス分子間の化学的反応が重要な役割を果たすため、酸化還元反応の強いガス分子種に限定される。

本研究では、分子捕集機能を有するゼオライトと SPR 技術を用いた新しいガスセンシングを提案する。ゼオライトはナノサイズの多孔構造を持ち、ガス分子を高濃度に濃縮する働きを示す。本講演では、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、Au-zeolite 積層構造と SPR エプソメトリ分光を用いた高感度なガスセンシングに向けた研究結果を報告する。

2. 実験と結果

スパッタリング法で作製した金薄膜 (40 nm 程度) 表面上に、100 nm の直径を持つゼオライトナノ粒子 (ZSM-5 : 疎水性, SiO₂/Al₂O₃ > 100) を約 1 μm 以上の厚さで積層堆積させた。SPR エリプソメトリ計測は ATR-Kretschmann 法を用いて、アセトンガスの分子吸着前後に対して (Ψ , Δ) を室温下で測定した。SPR-エリプソメトリ計測から、ゼオライト層の屈折率は $n = 1.001 \sim 1.069$ 程度と見積もれ、ZSM-5 のゼオライトナノ粒子の $n = 1.45$ と比較してかなり小さい。Maxwell-Garnett (MG) 理論から、ゼオライト層は 15% 程度のナノ粒子密度を有したポーラス構造を示し、ゼオライト層の表面から基板界面近傍まで幅広いガス分子吸着を可能にする。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 1 ppm) に対して、 Ψ ピーク ($\Delta\lambda < 3$ nm) のレッドシフトの観測に至った¹⁾。

上記の分光計測から、1 ppm 程度のアセトンガスの吸着濃度は、ゼオライトのナノ粒子層の屈折率変化 (Δn) として $\Delta n = 0.004$ 程度に相当する。光学多層膜の数値解析から、Au-zeolite 構造の位相 (Δ) スペクトルには大きな phase jump が見られた (図 1)。加えて、位相変化の屈折率変化に遅滞する位相変化の分解能は約 0.001 程度と見積もられ、1 ppm 程度のガス吸着の相違を観測できた理由と考えられる。今後、更なる構造制御を実施することで高感度なガスセンシングを実証する。

<参考文献>

1) M. Ikeda, H. Matsui, *et al.*, "Skin gas sensing by Au-zeolite hybrid structures Fusion of SPR and Functional materials for molecular trapping", 応用物理学会春期学術講演会, 31 Mar. 2019

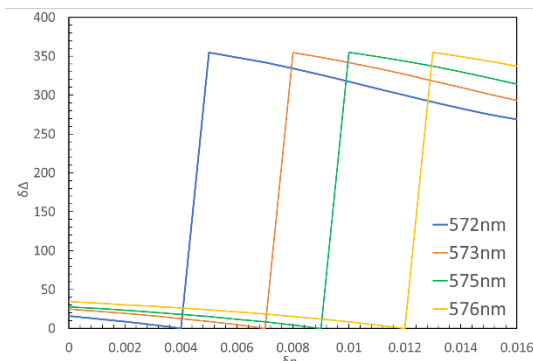


Fig.1 Phase change to refractive index change at fixed wavelength