

フォトニック結晶ナノレーザバイオセンサにおける 屈折率・電荷同時検出の可能性

Feasibility Study on Simultaneous Detection of Refractive Index and Surface Charge in Photonic Crystal Nanolaser Bio-Sensors

横国大・院工¹, 横浜市大・院医²

○渡邊敬介¹, 羽中田祥司¹, 磯野俊成^{1,2}, 西島喜明¹, 馬場俊彦¹

Yokohama Nat'l Univ.¹, Yokohama City Univ.²,

○K. Watanabe¹, S. Hachuda¹, T. Isono^{1,2}, Y. Nishijima¹, T. Baba¹

E-mail: watanabe-keisuke-zx@ynu.ac.jp

高精度なバイオマーカー検査など、医療・バイオ応用に向けて、様々なフォトニックセンサが研究されている。我々は GaInAsP フォトニック結晶ナノレーザセンサを提案し[1], BSA タンパク質に対して検出限界濃度 255 fM, ビオチン-ストレプトアビジンでは 16 zM という超高感度センシングを報告してきた[2]。また、原子層堆積法 (Atomic Layer Deposition: ALD) によりナノレーザに厚さ数 nm の ZrO₂ を被膜することで、電気・化学的に安定な表面を形成してきた[3]。これらの実験の中で、ZrO₂ 被膜ナノレーザを浸漬する溶液の pH を変えると、発振波長はほとんど変化せず、発振強度だけが大きく変化することをこれまでに観測している。KCl 濃度 10 mM の希薄塩溶液に KOH と HCl を加え、pH を 2 から 11 の範囲で変えたときの例を図 1 に示す。この pH の範囲で発振強度が 8 dB 以上も変化している。この原因は明確ではないが、一般に溶液中の酸化膜表面では pH に応じて表面電荷密度が変わるので、それによって GaInAsP 活性層表面近くのバンド形状が変化し利得特性が変化したことが一因と考えられる。これまでは発振波長のシフトから周囲の屈折率変化をとらえてきたが、上の現象を利用すれば、発振強度の変化から表面電荷の変化を独立にとらえられる可能性があり、屈折率と電荷の 2 項目同時検出センサになり得る。

今回この応用可能性をさらに調べるため、水中で異なる極性の高電荷密度を有する二種類の高分子電解質をナノレーザ (ZrO₂ 3 nm) に交互吸着させて表面を強制的に正負に帯電させ、そのときの発振波長と発振強度の変化を観測した。具体的には、最初に 0.05% 3-アミノプロピルトリエトキシシランにより表面をアミノ基化し、その後負に帯電するポリアクリル酸 (PAA) または正に帯電するポリエチレンイミン (PEI) 1 wt% の溶液にそれぞれ 20 分浸漬し、その溶液中でレーザのスペクトルを取得後、30 秒純水リンスすること繰り返した。結果を図 2 に示す。PAA, PEI の吸着回数を増やすごとに吸着膜厚が増えるため、周囲屈折率の上昇に応じて発振波長は単調にレッドシフトする。一方、発振強度は吸着膜の帯電の極性に応じて大きく増減することを確認した。

この結果は帯電状態が変わるバイオ反応に広く適用できると考えられ、例えば蛍光標識や分光装置が不要な DNA マイクロアレイなど、新たな応用を生み出すと期待される。

本研究は文科省科研費基盤(S)の援助を得て行われた。

[1] S. Kita et al., *Opt. Express*, **97**, 161108 (2011). [2] S. Hachuda et al., *Opt. Express*, **21**, 12815 (2013). [3] 渡邊ら, 秋季応物 (2013) 18a-P5-10

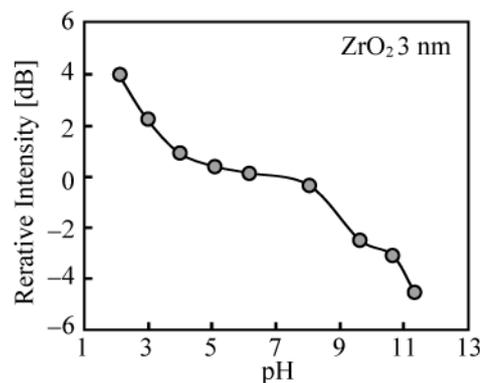


図 1 ナノレーザを浸漬する溶液の pH を変えたときの発振強度の変化。

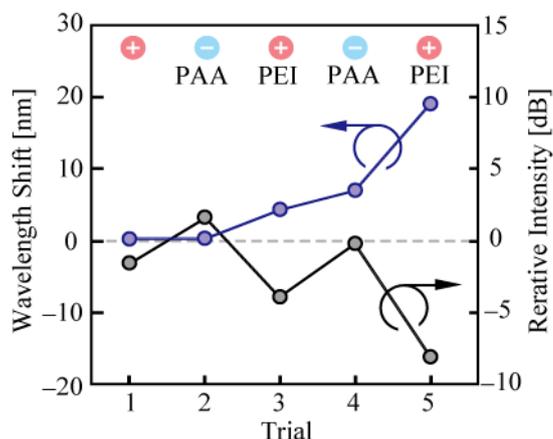


図 2 PAA と PEI の交互吸着による発振波長と発振強度の変化。