

新型コロナウイルス検知シリコン微小リング共振器への抗体固定化に関する検討 An Investigation of Antibody Immobilization on Si Microring Resonator Detecting SARS-CoV-2

1 横浜国立大学, 2 東京大学, 3 関東学院大学

○内田 悠介¹, 高橋 晶崇¹, 肥後 昭男², 荒川 太郎¹, 石坂 雄平³

○Yusuke Uchida¹, Masataka Takahashi¹, Akio Higo², Taro Arakawa¹, Yuhei Ishizaka³

E-mail: ishizaka@kanto-gakuin.ac.jp

【はじめに】

微小リング共振器を用いたバイオセンサはタンパク質, DNA, ウイルス検知等様々な解析物に対して有効性が示されてきたが[1], 新型コロナウイルス検知に関する検討はほとんどなされていない. そこで本研究では, 新型コロナウイルス検知に向けたシリコン微小リング共振器を作製し, 抗体固定化に関する検討を行う.

【結果と考察】

図 1 に, 新型コロナウイルス検知のためのシリコン微小リング共振器の断面構造を示す. コアはシリコン, 下部クラッドは SiO₂ を想定し, 屈折率を 3.455, 1.445 とする. 構造パラメータは, コア幅を 500 nm, 高さを 220 nm とする. また, コア近傍に Protein A, IgG 抗体, 抗原となる新型コロナウイルスのスパイクタンパク質が吸着されることを想定し, それら検知物層の厚さを t , 検知物領域における屈折率を n_a とする. このような構造に対して 2 次元ベクトル有限要素を用いて次式で与えられるセンサ感度[2]を評価した.

$$\text{Sensitivity} = \frac{\Delta\lambda}{\Delta n_a} = \lambda_0 \left(\frac{\Gamma}{n_{\text{eff}}} \right) \quad (1)$$

ここで, Δn_a , $\Delta\lambda$ はそれぞれ検知物層の屈折率変化および共振波長のシフト量である. また, $\lambda_0 (= 1550 \text{ nm})$ は動作波長であり, n_{eff} , Γ はそれぞれ実効屈折率および検知物領域における光閉じ込め係数である. 図 2 に, 検知物層の厚さを変えたときのセンサ感度を示す. 図より, 想定される検知物層の屈折率 1.33~1.5 の間ではセンサ感度にほとんど変化がないことがわかる. それに比べ, 検知物層の厚さを変えたときのセンサ感度の変化量は大きいことがわかる.

図 3 に, コア幅および高さをそれぞれ 500 nm, 220 nm, リング長を 130 μm として作製した微小リング共振器の SEM 像を示す. 今回の実験では, まずはじめに IgG 抗体を効率よく固定化することを目的として 1 mg/mL の Si-tag-Protein A [3] をリング共振器上に滴下し, 共振波長のシフト量を測定した. 次に, 0.1 mg/mL の IgG 抗体を濃度 10% に希釈した後, デバイス上に滴下し, 共振波長のシフト量を測定した. 各場合における測定結果を図 4 に示す. 図より, 試薬を載せていないときの共振波長を基準とした場合, Protein A を滴下したときの波長シフト量は 2.21 nm であることがわかる. このとき, 式(1)より, $n_a = 1.46$ とした場合のセンサ感度は約 4.8 nm/RIU となる. さらに図 2 で得られた解析結果を参照すると, Protein A の厚さは 5 nm ほどであることが推測できる.

謝辞

本研究の一部は, 科研費基盤研究(C)(21K04185)の支援, および文部科学省「ナノテクノロジープラットフォーム」事業(課題番号: JPMXP09F-21-UT-0143)の支援を受けて, 東京大学武田先端知ビルクリーンルーム微細加工拠点で実施された.

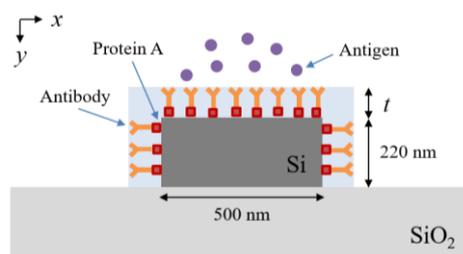


Fig. 1 Cross-sectional view of a Si microring resonator for detecting SARS-CoV-2 spike protein.

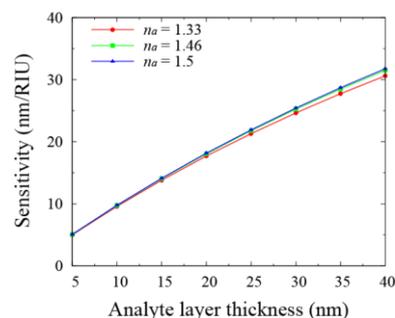


Fig. 2 Sensitivity as a function of analyte layer thickness t .

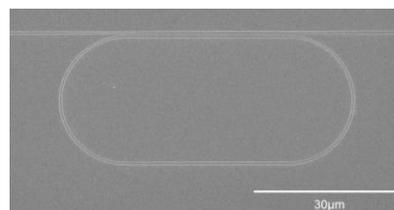


Fig. 3 SEM image of a fabricated Si microring resonator.

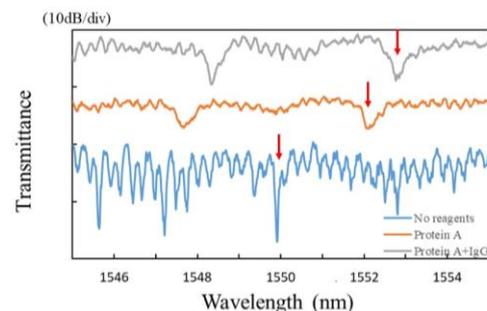


Fig. 4 Measured transmission spectra when Si tagged Protein A and IgG antibody are dripped on the resonator.

参考文献

- [1] E. Luan *et al.*, *Sensors* **18**, 3519 (2018).
- [2] Y. Ishizaka *et al.*, *IEEE. Photon. J.* **9**, 6800609 (2017).
- [3] T. Ikeda *et al.*, *Anal. Biochem.* **385**, 132-137 (2008).