

表面プラズモンアンテナ付 SOI フォトダイオードを用いた 1 波長 2 ダイオード方式における屈折率感度の波長依存性

Wavelength Dependence of Refractive Index Sensitivity for Single-Wavelength Double-Diode Method using SOI Photodiode with Surface Plasmon Antenna

¹静岡大・工, ²静岡大・電子研 ○岩田 将平¹, 佐藤 弘明^{1,2}, 小野 篤史^{1,2}, 猪川 洋^{1,2,*}

Shizuoka Univ., ○Shohei Iwata, Hiroaki Satoh, Atushi Ono, and Hiroshi Inokawa*

E-mail: *inokawa06@rie.shizuoka.ac.jp

表面プラズモン共鳴やシリコン細線導波路の共振モードなどを利用した光学バイオセンサーは、共振器近傍の屈折率を測定することによって、蛍光標識を用いない検体検出を可能とする。筆者らはこれまでに、金の表面プラズモン (SP) アンテナ付 SOI (silicon-on-insulator) フォトダイオード[1]に対し、光を斜めに入射して SP アンテナ近傍の屈折率変化を測定する方法を提案した[2]。さらに、1 波長 2 ダイオード方式による新しい測定方法を提案し、従来の光学バイオセンサーで用いられている入射光の波長走査または入射角走査を省き、単一波長の光で照射するだけの簡易な光学系で測定できることを示してきた[3]。

本報告では、SP アンテナ付 SOI フォトダイオードを用いた 1 波長 2 ダイオード方式の屈折率測定において、入射光の波長を 650 nm~750 nm とした場合の屈折率感度を予測する。SP アンテナはライン・アンド・スペース (L/S) 型の周期構造で材質を金とし、100 nm 厚の SOI フォトダイオード上に 100 nm 厚のシリコン酸化膜を介して配置される。屈折率変化の測定は、アンテナ周期の異なる 2 つの SP アンテナ付 SOI フォトダイオードの光電流差を計測して行う。フォトダイオードの受光面積は $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ とした。まずは、SP アンテナの周期、光入射条件、媒質の屈折率などが変化した際の分光感度特性を、理論及び実験に基づいてモデル化する。次に、測定対象の屈折率中心値において、2 つのフォトダイオードのピーク波長が入射光の波長から両側に半値全幅だけ移動するように、2 つの SP アンテナの周期 p_1 と p_2 を決定する。本フォトダイオードは斜め入射の光に対して 2 つの主要なピークが出現するので、 p_1 と p_2 は 2 通りの組み合わせが得られる。これは SOI 層を伝搬する前進波と後進波で伝搬波長が異なることに対応している[2]。例えば、入射光の波長を 700 nm、入射角を 15° 、屈折率中心値を 1.4 とすると、 p_1 と p_2 の組み合わせは、(1) 254 nm と 267 nm、または (2) 344 nm と 367 nm となり、それぞれ前進波、後進波に対応している (Fig. 1)。それぞれの入射光波長に対して推定された光電流差の屈折率感度 (屈折率範囲は 1.3~1.5) を Fig. 2 に示す。入射光波長 700 nm のときに光電流差の屈折率感度が最も高いことが示された。これは本フォトダイオードの構造が、波長 700 nm 付近の光に対して最も高感度で検出できるためと推測される。また、前進波に対応するピークを利用した測定の方が、後進波のものよりも屈折率感度が高いことも明らかになった。これは屈折率変化に対するピークのシフト方向が前進波と後進波で異なることに起因すると考えられるが、さらに詳細な分析が必要となっている。

謝辞: SOI フォトダイオードを提供して頂いた浜松ホトニクス(株)に謝意を表します。

文献: [1] H. Satoh, et al., IEEE Trans. Electron Devices, vol. 60, no. 2, pp. 812-818, 2013. [2] 岩田他, 応物秋季, 16p-C4-10, 2013. [3] 岩田他, 応物春季, 17p-E14-16, 2014.

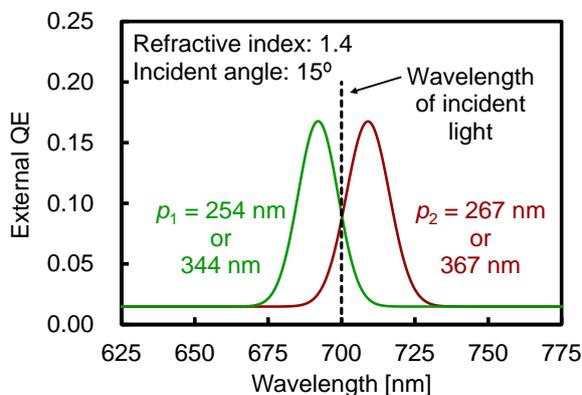


Fig. 1: Estimated spectroscopic quantum efficiency (QE) of two SOI photodiodes with SP antenna for incident wavelength of 700 nm.

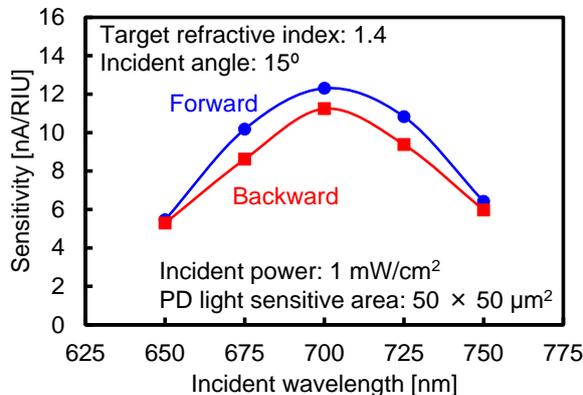


Fig. 2: Estimated photocurrent difference as a function of incident wavelength for target refractive index of 1.4 and incident angle of 15° .