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 集積化バイオセンサーにおける屈折率測定の性能評価

Performance Evaluation of Refractive Index Measurement in Integrated Biosensor using SOI Photodiode with Surface Plasmon Antenna ^O佐藤 弘明^{1,2}、岩田 将平²、小野 篤史^{1,2}、猪川 洋^{1,2,*}(1. 静岡大電子研、2. 静岡大院工)

^oHiroaki Satoh, Shohei Iwata, Atsushi Ono, and Hiroshi Inokawa^{*} (Shizuoka Univ.)

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

光共振器近傍の検体屈折率変化を測定する光学バイオセンサーは、蛍光標識なしで抗体-抗原 反応等の分子間相互作用を分析できることから、検体に対する制限が少なく汎用性に優れる[1]。 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[2]に対して光を斜めに入射し、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[3]。 本フォトダイオードは、寸法が数十 μm 角と小型で、SOI 集積回路の中に多数組み込むことができ るため、光検出器埋め込み型の新しい集積化バイオセンサーとして期待される。また、集積可能 な特徴を利用して1波長2ダイオード方式の測定方法を提案し、単一波長の光を照射するだけの 簡易な光学系で、SP アンテナ近傍の屈折率変化を測定できることを示した[4]。

本報告では、レーザー光源の利用を想定し、1波長2ダイオード方式の雑音等価屈折率変化を 見積もる。Fig.1に本方式の原理図(a)と、波長685 nmのレーザー光源に対する量子効率の屈折率 依存性(b)を示す。屈折率変化の測定は、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。所望の測定条件に対し、それぞれのピーク波長が、入射波長から 両側に半値幅だけ移動するように、2つのアンテナ周期*p*1と*p*2を決定する。斜め入射のため、SOI 導波路モードの前進波(同図(b)の"Forward")と後進波(同"Backward")はそれぞれ異なる条件(*p*1,*p*2) で入射光と結合するが[3]、量子効率の屈折率感度は同図(b)のように同程度となる。ここで本フォ トダイオードの雑音は、ショットノイズによるものが支配的と仮定すると、同図(b)の屈折率感度 から得られる雑音等価屈折率変化は、単位帯域幅あたり6.6×10⁻⁷ RIU (refractive index unit)で、既 存の光学バイオセンサーと比肩しうる値[1]である。本提案のSPアンテナ付フォトダイオードに よる屈折率測定は、簡素な光学系で計測できる点、多数のデバイスを集積して一括測定が行える 点、CMOSの計測・制御回路を含めたシステムを1チップ化できる点など、既存の光学バイオセ ンサーには無いユニークな特徴を有しており、新しい応用展開が期待される。

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㈱に謝意を表します。本研究はJSPS 科研費 25286068 および 25630143 の助成を受けたものである。

文献: [1] X. Fan, et al., Analytica Chemica Acta, vol. 620, pp. 8-26, 2008. [2] H. Satoh, et al., IEEE Trans. Electron Devices, vol. 60, pp. 812-818, 2013. [3] 岩田他, 応物秋季, 16p-C4-10, 2013. [4] 岩田他, 応物 秋季, 19a-A2-2, 2014.



Fig. 1 (a) Principle of refractive index measurement by single-wavelength dual-photodiode method, and (b) differential quantum efficiency (QE) as a function of refractive index for the laser wavelength of $\lambda = 685$ nm. n_0 and Δn are the target and the change of refractive index of analyte. p_1 and p_2 are the pitches of SP antenna composed of line-and-space grating on SOI photodiodes.