17p-E14-16

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ダイオード方式による屈折率測定

Single-Wavelength Double-Diode Method of Refractive Index Measurement 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

筆者らはこれまでに、金の SP (表面プラズモン)アンテナ付 SOI (silicon-on-insulator)フォトダイオード[1]に対して光を斜めに入射すると、SP アンテナ近傍の屈折率変化を反映し、光電流のピーク波長がシフトすることを実験的に示してきた[2]。その結果、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と同様に、蛍光標識を用いない検体検出への応用が期待できる。従来の光学バイオセンサーによる屈折率測定では一般的に、入射光の波長走査または入射角走査を必要とするため、入射光学系が複雑となる問題があった。

これに対して本報告では、SP アンテナ付 SOI フォトダイオードが同一チップ上に多数集積できる特徴を活かし、レーザー等の単一波長光源を使用し入射角も固定となるシンプルな光学系での屈折率測定方法を提案する。屈折率変化の測定は、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。100 nm 厚の SOI フォトダイオード上に酸化膜を介して金の SP アンテナを配す。フォトダイオードの受光面積は 50 × 50 μm^2 とした。このときの SP アンテナの周期 p_1 および p_2、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した。ピーク波長は理論により、ピーク高さと形状は実験データを関数フィッティングすることでモデル化している。この際、p_1 および p_2 の SP アンテナを有するフォトダイオードのピーク波長が、ピークの半値全幅だけずれるように p_1 および p_2 を設定し、基準となる屈折率と波長において光電流がほぼ等しくなるようにすると、2 つのフォトダイオードの光電流差は屈折率に対して直線的に変化し、精度良く屈折率が求められる。波長 685 nm で入射角 15°、基準屈折率を 1.4 とすると、p_1 および p_2 の組み合わせは、 (1) 241 nm および 257 nm または (2) 325 nm および 350 nm とすれば良い (Fig. 1)。光を斜入射した場合、SOI 層を伝搬する前進波と後進波で伝搬波長が異なるため、入射光との位相整合条件を満たす波長がそれぞれで異なり、p_1 および p_2 には 2 種の組み合わせが存在する[3]。光電流差の屈折率依存性を推定した結果を Fig. 2 に示す。屈折率 n = 1.3 ~ 1.5 の範囲で両方の p_1 と p_2 の組み合わせとも光電流差はほぼ線形となった。2 つの SP アンテナ付 SOI フォトダイオードを用いれば、単一波長で入射角固定の簡易光学系によって精度良く屈折率が求められることが示された。

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。

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] 川久保他, 応物秋季, 13p-C5-19, 2012.

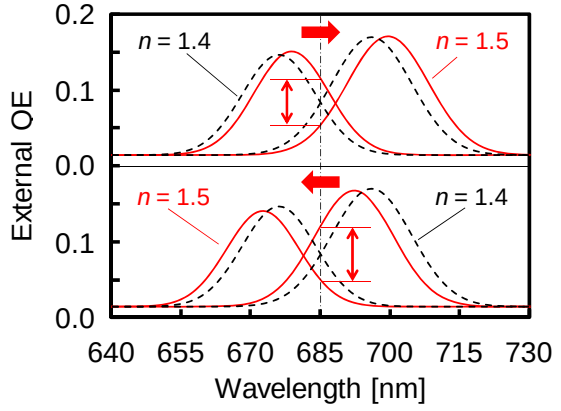

Fig. 1: Estimated spectroscopic quantum efficiency (QE) of two SOI photodiodes with SP antenna. The periods of SP antennas are (p_1, p_2) = (241 nm, 257 nm) in upper graph and (p_1, p_2) = (325 nm, 350 nm) in lower one.

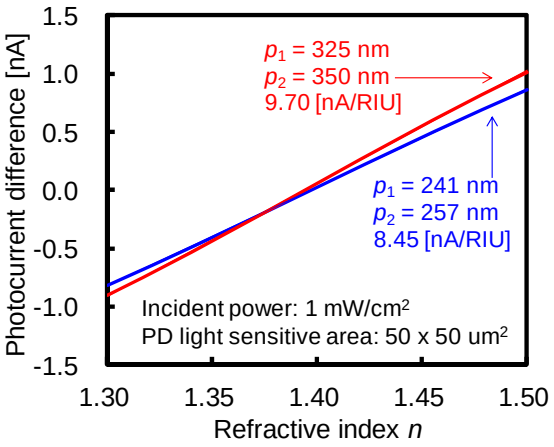

Fig. 2: Estimated photocurrent difference as a function of refractive index n for wavelength of 685 nm and incident angle of 15º.

© 2014 年　応用物理学会