垂直入射簡易光学系により屈折率測定可能な 表面プラズモンアンテナ付SOIフォトダイオードの検討

A Study on SOI Photodiode with Surface Plasmon Antenna Enabling Refractive Index Measurement by Simpler Optical Irradiation System with Normal Incidence

静岡大電子研 ^O佐藤 弘明、猪川 洋*

Research Inst. Electronics, Shizuoka Univ. [°]Hiroaki Satoh and Hiroshi Inokawa^{*}

E-mail: *inokawa.hiroshi@shizuoka.ac.jp

表面プラズモン共鳴 (SPR) センサーに代表される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、蛍光標識なしで生体分子間の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、金のライン・アンド・スペース (L/S) 型表面プラズモン (SP) アンテナ[2]を SOI (silicon-on-insulator) フォトダイオード上に配し、光を 斜めに入射することによって 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。屈折率変 化に対する測定限界についてショ糖水溶液を利用した観測結果から評価し、SPR センサーと比肩 しうる屈折率の測定限界を得た[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 回路に組み込むことができるため、光検出器内蔵型の集積化バイオセンサーとして期待される。

本報告では従来の光学照射系に着目し、光が垂直入射するシンプルな光学系によって屈折率測定が可能なデバイス構造を、有限差分時間領域 (FDTD) 法を用いた電磁界解析結果から検討した。 図1(a)に解析構造を示す。同図のゲート酸化膜は文献[3]においては tox = 100 nm 程度の厚さを有する。この場合、SP アンテナ近傍の屈折率変化に対するフォトダイオードの分光感度特性は、斜め入射に限り変化することが理論と実測の両面から既に示されていた[3]。しかしながら、アンテナ周辺の SP モード自体は周辺屈折率で変調され、かつ回折格子結合型においては垂直入射でも励起できる。本報告ではゲート絶縁膜を tox = 20 nm と薄くして、アンテナとフォトダイオードの距離を近づけた。図1(b)に垂直入射光に対するフォトダイオードの外部量子効率の分光特性を示す。アンテナ周辺の屈折率変化に伴って波長 650 nm 付近のピークがシフトすることが示された。本フォトダイオードにおいて垂直入射による屈折率測定が実現されることは、簡易な光学照射系を利用できるだけではなく、検体導入領域の容量を低減させられる(微量な検体を有効利用できる)ことにもつながるため、測定の効率化に対して大きく貢献すると考えられる。

謝辞:本研究の実施にあたり浜松ホトニクス㈱ならびにヤマハ発動機㈱から頂いた支援に謝意を まします。本研究の一部は 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] H. Satoh, et al., Asia-Pacific on Fundamentals and Applications of Advanced Smiconductor Devices (AWAD2016), pp. 70-73, 2016.





(a)