

大きな光損失性材料を含む多層膜構造を用いた高感度屈折率検出の提案

Investigation for high sensitivity refractive index sensing by multilayer containing highly lossy material

徳島大理工¹, 徳島大 pLED² ○高島 祐介^{1,2}, 永松 謙太郎^{1,2}, 原口 雅宣^{1,2}, 直井 美貴^{1,2}

Faculty of Sci. and Tech., Tokushima Univ.¹, Institute of Post-LED Photonics, Tokushima Univ.²

○Yuusuke Takashima^{1,2}, Kentaro Nagamatsu^{1,2}, Masanobu Haraguchi^{1,2}, Yoshiki Naoi^{1,2}

E-mail: takashima@tokushima-u.ac.jp

光を用いた屈折率検出は、バイオセンサー等への応用が期待されており、金属表面やナノ構造等の様々な構造中の共鳴を用いる屈折率センサーが報告されている[1, 2]。報告の多くは、高感度を実現するために共鳴のダンピングが小さい、すなわち材料の光損失が小さい波長帯において主に検討がなされている。今回、我々は大きな光損失材料を含む多層膜の干渉をあえて利用し、きわめて高感度な屈折率検出の可能性を見出したので報告する。

提案構造を Fig.1 に示す。入射波長 $\lambda = 325 \text{ nm}$ とし、Ge 基板(屈折率 $3.9335 + 3.0094i$ [3])上に SiO_2 (屈折率 $1.4866 + 0.0034i$ [4])が堆積している。本構造に光が入射した場合、各層界面で多重反射が生じ、その干渉条件は、各層厚さおよび周囲屈折率 n_s に依存する。特に Ge は、紫外域において非常に大きな屈折率の実部および虚部を持ち、Ge 界面でのフレネル反射係数は大きな複素数になる。したがって、わずかな n_s 対し、多重反射($r_1, r_2, \dots$)の位相および振幅が複素平面上で大きく変化するため高感度な屈折率検出が期待できる。

上記指針に基づき、多層膜の設計を行った。なお、バイオセンサー等への応用を想定し、周囲環境が水の場合($n_s = 1.34$)に対し高い感度が得られるよう SiO_2 膜厚を 610 nm とした。透過行列法により計算した s 偏光反射率の入射角度依存性を Fig. 2 に示す。 $n_s = 1.34$ の場合、多層膜の破壊的干渉によって、入射角 $\theta = 84^\circ$ に鋭い反射率のディップが現れている。さらに、 n_s の増加に対して、反射率ディップの現れる入射角がシフトしていることが分かる。Figure 3 にディップ反射率($\theta = 84^\circ$)の n_s 依存性を示す。 n_s の増加に対し、ディップ反射率が増加している。 $n_s = 1.345 \sim 1.36$ の間では特に急激にかつ線形的に反射率が変化しており、その変化量は約 $3174\%/RIU$ (RIU: refractive index unit)に達することが分かった。この感度は、これまでに報告されているナノ構造のものと比べても高く[2]、大きな光損失性が高感度化に有効である。

謝辞：本研究の一部は、JSPS 科研費 JP21K14515 の助成を受けた。参考文献：[1] J. Homola, Chem. Rev. **108**, 462 (2008). [2] A.

Shakoor *et al.*, IEEE Photon. **9**, 6800711 (2017). [3] D.E. Aspnes and A. A. Studna, Phys. Rev. B **27**, 985 (1983). [4] L. V. Rodríguez-de Marcos *et al.*, Opt. Mater. Express **6**, 3622 (2016).

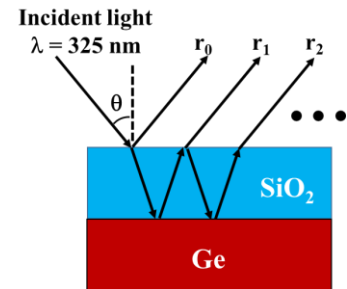


Fig. 1 Schematic of the proposed multilayer

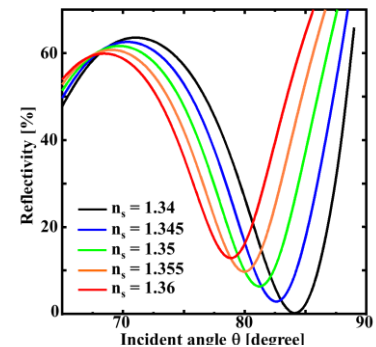


Fig. 2 Calculated dependence of reflectivity on incident angle

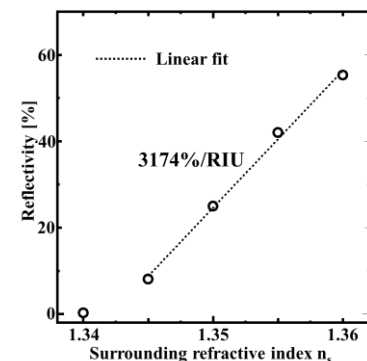


Fig. 3 Dependence of dip reflectivity on n_s