

光吸収を持つ導波路構造を利用した屈折率検出の高感度化

Investigation for highly sensitive refractive index detection using photo-absorbing waveguide

徳島大理工¹, 徳島大 pLED² ○高島 祐介^{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}, Masanobu Haraguchi^{1,2}, Yoshiki Naoi^{1,2}

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

光による屈折率検出技術は、ウィルスやガス検知等に応用が期待されており、その高感度化は非常に重要である。今回、弱い光吸収を持つ透明導電膜(ITO: Indium Thin Oxide)導波路とサブ波長回折格子(SWG: Subwavelength Grating)を用いて屈折率検出の高感度化に成功したので報告する。

Figure 1 に提案構造を示す。ITO 薄膜/ガラス基板上に Al-SWG 配置されており、周囲を屈折率 n_s の媒質が囲んでいる。本構造に入射した光は、SWG での波数変換によって、特定波長において導波モードと結合する。導波モードの一部は ITO 層を伝搬する際、再び入射側に輻射され、再輻射された光同士が強め合う時、反射スペクトルに共鳴ピークが現れる[1,2]。ITO 層では、伝導電子による弱い光吸収のためモード波数が複素数になり[3]、閉じこめが弱くなるため、導波モードが外に大きく染み出すことが予測される。したがって、微小な n_s の変化によって再輻射光の位相が大きく変化するため、高感度な屈折率検出が期待できる。

電子線露光により膜厚 $d = 180 \text{ nm}$ の ITO 薄膜上に Al-SWG を作製した。Al-SWG 周期 $\Lambda = 300 \text{ nm}$ 、格子幅 $w = 150 \text{ nm}$ 、および高さ $t = 30 \text{ nm}$ である[4]。作製した試料の垂直反射スペクトルを測定した。測定結果を Fig. 2 に示す(Fig.2 中の写真は作製構造の電子顕微鏡像)。波長 550 nm (peak1)と 630 nm (peak 2)付近に反射ピークが現れていることが分かる。また、純水とエタノールを用いて構造周囲の n_s を変化させた。 n_s の変化によって peak 2 の共鳴波長は、ほぼシフトしていないのに対し、peak 1 では大きくレッドシフトしている。そのシフト量は($n_s = 1.333 \sim 1.361$ の範囲)は約 $240 \text{ nm}/\text{RIU}$ (RIU: Refractive Index Unit)に達しており、他の垂直入射型のセンサー感度に比べて高い感度が実現できた[5]。また、有限差分時間領域法により計算した各ピーク波長での電界分布を Fig. 3 に示す。peak 1 での電界分布は peak 2 に比べ、入射側に大きく染み出しており、狙い通り、導波層内の弱い光吸収が高感度化に有効であることが確認できた。

以上のように、導波路内の光吸収を積極的に利用することで、実験的に屈折率検出感度化を実証し、屈折率検出に対する新しい設計の指針を示すことに成功した。

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] Z. S. Liu *et al.*, Opt. Lett. **23**, 1556 (1998). [2] P. K. Sahoo *et al.*, Sci. Rep. **7**, 7607 (2017). [3] D. Kaur *et al.*, Sens. Actuators B **198**, 366 (2014). [4] Y. Okano *et al.*, Proc. SPIE **11467**, 114671U-1 (2020). [5] G. J. Triggs *et al.*, Optica **4**, 229 (2017).

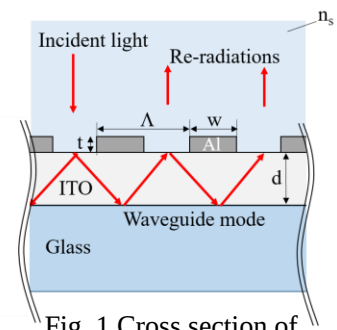


Fig. 1 Cross section of Al-SWG on ITO/glass

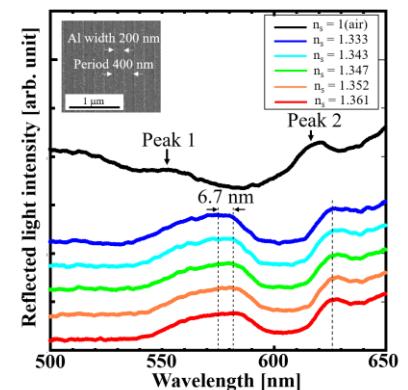


Fig. 2 Reflection spectra dependence of the proposed structure on n_s

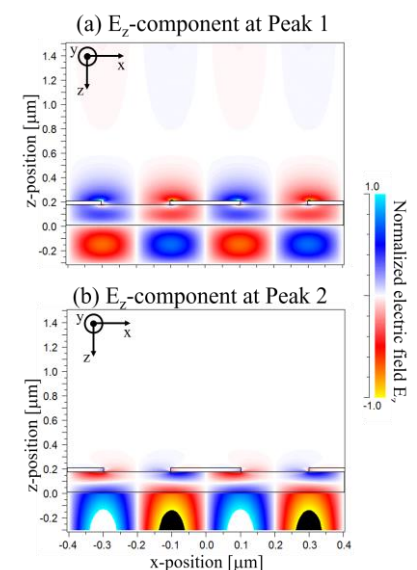


Fig. 3 z-components of electric fields
(a) at peak 1 (b) at peak 2