

金属アシスト型シリコンスロット導波路におけるセンサ感度の評価

Evaluation of Sensor Sensitivity in a Metal-Assisted Silicon Slot Waveguide

○石坂 雄平¹, 長井 優¹, 藤澤 剛¹, 齊藤 晋聖¹ (1. 北海道大学)

○Yuhei Ishizaka¹, Masaru Nagai¹, Takeshi Fujisawa¹, Kunimasa Saitoh¹ (1. Hokkaido Univ.)

E-mail: ishizaka@icp.ist.hokudai.ac.jp

1. まえがき

スロット導波路を用いたガス検出器[1]やバイオセンサ[2]は、集積化が可能であるという利点がある。本研究では、金属アシスト型シリコンスロット導波路を提案し、TEモードを用いることで、金属層を設けない従来型スロット導波路に比べ、ガス充填領域における光の閉じ込めを強くできることを示した[3]。本稿では、金属アシスト型シリコンスロット導波路を用いてガス検出器を構成した場合、シリカ層の厚さがセンサ感度に及ぼす影響について評価を行う。

2. 本文

図1に、金属アシスト型シリコンスロット導波路の構造図を示す。コアはシリコン、上部クラッドはアセチレンガスを想定し、屈折率を3.455, 1.000593とする。また、シリカおよび銀の屈折率を1.455, 0.1453 - j 11.3587とする。構造パラメータは、シリコンの高さ h を0.22 μm 、スロット幅 w_s を0.1 μm とし、シリコンの幅を w_h 、シリカ層の厚さを t と定義する。こうした構造に対して2次元ベクトル有限要素法を用いてセンサ感度の評価を行う。

金属アシスト型シリコンスロット導波路でリング共振器を構成し、ガス検出器として用いる場合を考える[1]。このとき、ガスの屈折率変化 Δn_{gas} と共振波長のシフト量 $\Delta\lambda$ の間には次式で与えられる関係がある[1]。

$$\Delta\lambda = \lambda_0 \left(\frac{\Gamma}{n_{\text{eff}}} \right) \Delta n_{\text{gas}} \quad (1)$$

ここで、 $\lambda_0 (= 1550 \text{ nm})$ は動作波長であり、 n_{eff} は実効屈折率である。また、ガス充填領域における光閉じ込め係数 Γ は次式で与えられる。

$$\Gamma = \frac{\iint_{\text{gas}} \text{Re}(\mathbf{E} \times \mathbf{H}^*) \cdot \mathbf{i}_z dx dy}{\iint_{\text{total}} \text{Re}(\mathbf{E} \times \mathbf{H}^*) \cdot \mathbf{i}_z dx dy} \quad (2)$$

なお、式(1)中の $\lambda_0(\Gamma/n_{\text{eff}})$ はセンサ感度を表している。図2に、光閉じ込め係数の t 依存性を示す。図より、 t が小さくなるほど、光閉じ込め係数が大きくなることがわかる。これは金属によって基板方向への光の染み出しが抑えられていることを意味している。図3に、センサ感度の t 依存性を示す。図より、 t が小さくなるほど、センサ感度が大きくなる。表1に示す従来型スロット導波路のセンサ感度と比較すると、金属アシスト型シリコンスロット導波路は、 $t = 0.15 \mu\text{m}$ のとき1.3~1.8倍、さらに $t = 0.05 \mu\text{m}$ のとき2.1~3.3倍の改善が可能であることがわかる。

3. まとめ

金属アシスト型シリコンスロット導波路を用いてガス検出器を構成する場合、シリカ層の厚さは薄い方がセンサ感度を向上できることを示した。

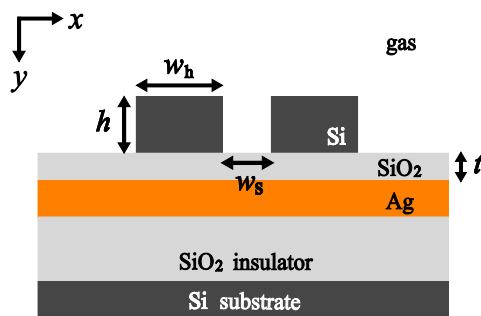


図1 金属アシスト型スロット導波路の構造図

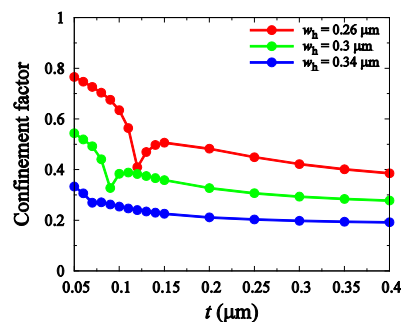


図2 光閉じ込め係数の t 依存性

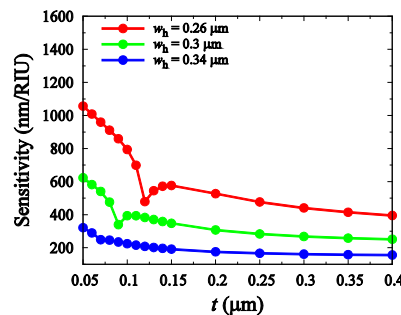


図3 センサ感度の t 依存性

表1 金属層を設けない従来型スロット導波路の特性

$w_h (\mu\text{m})$	Γ	Sensitivity (nm/RIU)
0.26	0.31	320
0.3	0.26	235
0.34	0.18	152

参考文献

- [1] J. T. Robinson *et al.*, Opt. Express **16**, 4296-4301 (2008).
- [2] C. A. Barrios *et al.*, Opt. Lett. **32**, 3080-3082 (2007).
- [3] Y. Ishizaka *et al.*, OECC/ACOFT 2014, Melbourne, Australia, July 6-10 (2014).