

ガスセンサへの応用に向けた
Si スロットリング共振器の感度向上に関する研究
Study on Sensitivity Improvement of Si Slot Ring Resonators for Gas Sensing applications

東京農工大工 [○]星 隼人, 友野 裕貴, 清水 大雅
Tokyo Univ. of Agri. & Tech., [○] Hayato Hoshi, Yuki Tomono and Hiromasa Shimizu
E-mail: s184777s@st.go.tuat.ac.jp, h-shmz@cc.tuat.ac.jp

[はじめに]

Si 細線導波路ではコア、クラッド間の高い屈折率差により幅・高さ 500 nm 以下の狭い空間に強く光を閉じ込めることができるため、 μm オーダの曲げ半径を実現でき、光導波路の小型化・集積化・低コスト化が期待できる。一方、並行する 2 本の導波路の間に光を閉じ込めるスロット導波路では導波路間の屈折率の小さな空間(スロット部)へ強く光を閉じ込めることができ、二光子吸収の抑制や高感度センサへの応用が報告されている[1]。スロット導波路でリング共振器を構成し、共振波長のシフトから屈折率の変化を測定することでアセチレンガス濃度の検出が報告され[2]、また Q 値の高い共振器において透過光強度の変化を測定することで更なる高感度化が見込まれている[3]。我々は Si スロットリング共振器をガスセンサに応用し高感度化するために Q 値を最大化すべく設計・作製・評価したので報告する。

[作製と評価]

Si スロット導波路の実効屈折率と電界分布を等価屈折率法により計算し、リング共振器の結合係数を求め、結合器の長さを変えた Si スロットリング共振器を作製した。Si コア層($n=3.48$)の厚さは 0.22 μm 、下部 SiO_2 層($n=1.44$)の厚さは 3 μm と固定し、センサ応用を念頭に上部クラッド層は空気 ($n=1$) とした。スロット導波路のコアの幅を 0.3 μm 、スロットの幅を 0.2 μm とし、リング共振器の曲げ半径は 120 μm に固定した。方向性結合器のギャップ幅は 0.2 μm 、結合長器は 20 ~ 70 μm で変化させ、最適 Q 値をもたらす結合長を探索した。図 1 にスロット導波路の断面電子顕微鏡写真を示す。図 2 に作製した各結合器長のリング共振器の波長 1550 nm 付近の透過光強度スペクトル(TE モード)を示す。結合器長 $l=20\mu\text{m}$ 、 $l=70\mu\text{m}$ では共振を観測できなかった。結合器長 $l=30\mu\text{m}$ 、 $l=50\mu\text{m}$ では山谷比 6~7 dB の共振が確認でき、 $l=50\mu\text{m}$ で Q 値が最大となった。 $l=50\mu\text{m}$ のとき、伝搬損失と共振器損失がつりあい、Q 値を最大化したものと考えられる。さらに結合器長 $l=50\mu\text{m}$ のリング共振器について波長 1543~1547 nm の範囲で透過率を測定したところ、図 3 のようになり、波長 1543.51 nm において Q 値が最大値(9.6×10^3)をとった。今後、 CO_2 ガスをテストガスとしてスロット部に屈折率差を与え、共振波長のシフトと透過光強度の変化を測定しセンサ動作の実証を目指す。

[謝辞] 本研究は科研費(16H04346, 18K18851)の助成を受けてなされました。本研究では東京工業大学微細加工プラットフォームを利用させていただきました。関係者の皆様に御礼申し上げます。

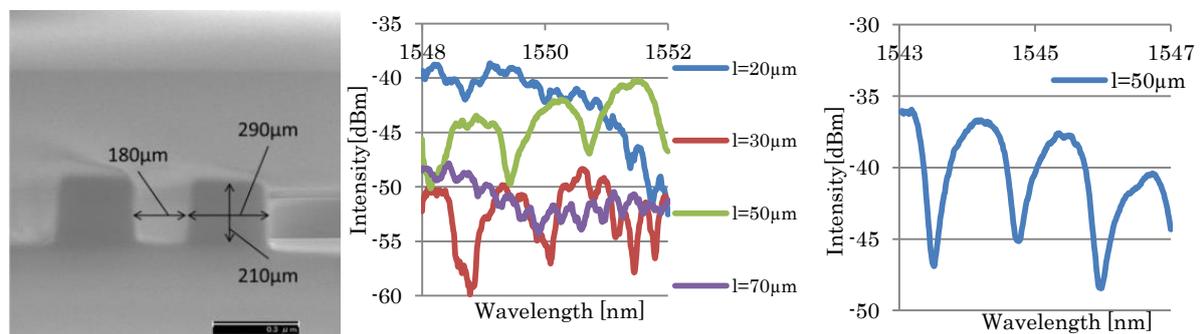


図 1 スロット導波路の断面 SEM 写真 図 2 各結合器長における透過光強度 図 3 透過光強度(波長 1543~1547 nm)

- [1] Vilson R. Almeida, Opt. Lett., **29** 1209,(2004).
[2] Jacob T. Robinson, Opt. Express, **16** 4297 (2008).
[3] Y. Tomono and H. Shimizu, CLEO 2018, JTh2A60.