

Pt-WO₃/Si 微小リング共振器水素ガスセンサの Al₂O₃ を用いた高感度・高速応答化に向けた設計

Design of hydrogen gas sensor based on Pt-WO₃/Si microring resonator with Al₂O₃ cladding layer for high sensitivity and high-speed response

横浜国大院工¹, 東大院工² ◯高橋晶崇¹, 岡崎慎司¹, 西島喜明¹, 肥後昭男², 荒川太郎¹,
Yokohama National Univ.¹, Univ. of Tokyo², ◯Masataka Takahashi¹, Yoshiaki Nishijima¹,
Shinji Okazaki¹, Akio Higo² and Taro Arakawa¹

E-mail: fuse-masataka-jr@ynu.jp

1. はじめに

近年、新エネルギーとして水素が注目されている[1]。しかし、水素は可燃性ガスで爆発範囲も広く、その利用にあたり十分な安全対策が必要であり、高感度センサが求められている。本研究では、光学的水素ガスセンサの超小型・軽量化、低コスト化を目指し、Pt-WO₃水素感応膜とSiマイクロリング共振器(MRR)を組み合わせた水素ガスセンサを提案し、その設計と動作実証を行ってきた[2]。今回、高感度・高速応答化に向けた構造について調査したので報告する。

2. 高感度・高速応答化に向けた設計

SiO₂ を上部クラッド層とする旧センサ[2]と、上部クラッド層に Al₂O₃ を用いた新センサの断面模式図を Fig.1 に示す。熱光学効果の効率向上と導波損失低減のため導波路幅 w を 400 nm から 500 nm に変更した。また、水素と Pt-WO₃ の反応熱をより効率的に Si MRR へ伝導させるため、導波路上の上部のみクラッド層材料を熱伝導率が 1.38 W/m・K である SiO₂ から 28 W/m・K である Al₂O₃ に変更したハイブリッド構造を考えた。

クラッド材料の変更に伴い、熱光学効果による共振波長シフト量と Si-MRR・Pt-WO₃ 間の熱伝搬を有限要素法によって解析した。Table1 に SiO₂ をクラッドにした場合とハイブリッド構造の場合の静的な共振波長シフト量の理論計算結果を示す。熱光学効果による共振波長シフト量は SiO₂ の場合で 93.4 pm/K、ハイブリッド構造の場合で 101.3 pm/K とやや向上した。Fig.2、Fig.3 に SiO₂ をクラッドにした場合とハイブリッド構造の場合の熱伝搬解析の定常応答結果と過渡応答結果を示す。室温 (300 K) において、上部クラッド上面に 320 K の熱を与えた場合、Si-MRR での温度は SiO₂ の場合と比較してハイブリッド構造の場合の方が約 2.5 K 高くなった。また、導波路における 310 K 到達時間は SiO₂ の場合で 5.9 μs に対してハイブリッド構造の場合で 2.1 μs となった。これらのことから、クラッド材料として Al₂O₃ を採用した新構造のセンサは更なる高感度化と応答速度の高速化が期待できることがわかった。

Table1. Theoretical calculation of resonant wavelength shift in case of SiO₂ and Al₂O₃/Si hybrid cladding.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃ /Si hybrid
共振波長シフト (pm/K)	93.4	101.3

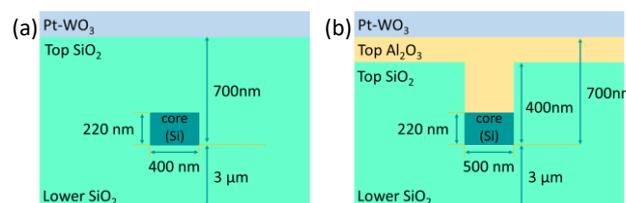


Fig.1. Schematic diagram of device cross section of (a) SiO₂ device (b) Al₂O₃/Si hybrid device.

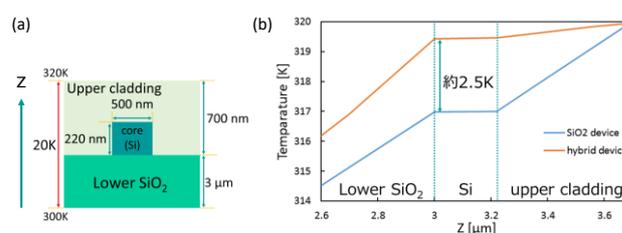


Fig. 2. Thermal propagation analysis in case of SiO₂ and hybrid cladding. (a) simulation model (b) simulation result

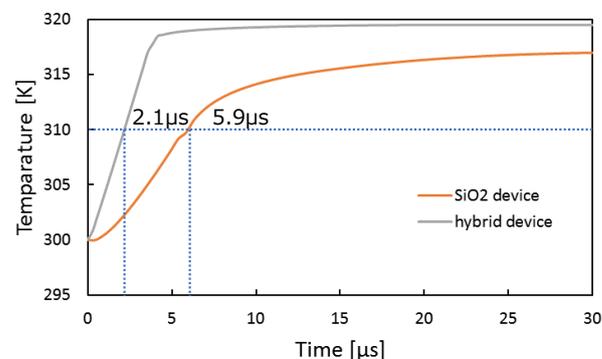


Fig. 3. Transient time response of (a) SiO₂ device (b) Al₂O₃/Si hybrid device.

参考文献

- [1] K. Mazloomi *et al.*, Renewable and Sustainable Energy Rev. **16**, 3024 (2012).
[2] S. Matsuura *et al.* Sensors, **20**, 96 (2020).
本研究の一部は、文部科学省「ナノテクノロジープラットフォーム」事業 (課題番号: JPMXP09F-21-UT-0143) の支援を受けて、東京大学武田先端知ビルクリーンルーム微細加工拠点で実施された。