

Au/Ta₂O₅/Pd/Pt の多層膜構造を利用したヘテロコア光ファイバ SPR 水素センサの応答特性評価

Response characteristics for SPR hydrogen sensor based on hetero-core structured optical fiber with Au/Ta₂O₅/Pd/Pt multi-layers

○高橋 健¹、細木 藍¹、西山 道子¹、井川 寛隆²、関 篤志¹、渡辺 一弘¹

(1. 創価大工 2. JAXA)

○Ken Takahashi¹, Ai Hosoki¹, Michiko Nishiyama¹, Hirotaka Igawa², Atsushi Seki¹, Kazuhiro

Watanabe¹(1.Soka Univ. 2. JAXA)

E-mail: e15m5215@soka-u.jp

I. はじめに

近年、水素は燃料電池やロケット燃料など、クリーンエネルギーとして期待されている。一方、水素は容易に爆発を起こしやすく、水素を検知できる水素センサが必要となる。本研究では、これまでに微小な屈折率変化に対して鋭敏な反応を示す表面プラズモン共鳴(SPR)を利用したヘテロコア光ファイバ水素センサを提案してきた[1]。本センサは金(Au)、五酸化タンタル(Ta₂O₅)、水素感応膜としてパラジウム(Pd)の多層膜構造を採用している。しかし、Pdは水素吸蔵によって、 α 相から β 相に相転移が生じ、 β 相での金属格子の膨張による劣化が報告されている[2]。この劣化が水素センサの耐久性、応答特性の再現性の低下の原因だと考えられる。PdとAuやAgなどの金属と合金にすることでセンサの応答特性の再現性低下を抑制する効果が確認されている[2]。本稿では、Pdの水素脱離反応の促進効果を有する白金(Pt)に着目し[3]、PdとPtを合金にすることで、耐久性と応答特性の再現性向上を図る。

II. ヘテロコア光ファイバ SPR 水素センサ

Fig. 1 に示すように、使用したヘテロコア光ファイバ SPR 水素センサは、コア径 50 μ m のマルチモード(MM)光ファイバにコア径 3 μ m のシングルモード光ファイバの小切片(センサ部)を挿入・融着した構造である。MM 光ファイバを伝搬した光はセンサ部でクラッド層に漏れ、漏洩光がクラッド層と金属膜の境界面で全反射する。この際、エバネッセント波が生じ、金属表面に存在する表面プラズモン波によって SPR を励起する。センサ部の周囲にはファイバ表面から順に、SPR を励起する Au、共鳴波長を長波長側へシフトさせる Ta₂O₅、水素感応膜の Pd、Pd の水素脱離反応を促進する Pt の多層膜を成膜した。この 4 層構造を用いることで、水素吸蔵による Pd の誘電率の変化を波長 850nm 近傍で SPR で捉えることが可能である。

III. SPR 水素センサの応答特性実験

Au/Ta₂O₅/Pd への Pt 膜の有無によるヘテロコア光ファイバ水素センサを用いて、水素吸蔵・放出を 5 日間連続して行った場合の応答特性の検討を行う。実験構成を Fig. 1 に示す。実験装置には 4ch-LED(λ =850nm)/PD 計測器、計測用 PC、ガスチャンバ(容積:15ml)を用いた。センサの膜厚は、Au 25nm、Ta₂O₅ 60nm、Pd 5nm と Pd 5nm-Pt(1nm, 2nm)の 3 種類とし、スパッタリング装置で成膜した。センサ部はチャンバ内に直線状に配置し、水素 4%と窒素 100%の気体を 3 分間交互に 5 回ずつ流入させた。この流入サイクルを 5 日間行い、1 日目と 5

日目の光損失変化を比較する。各センサの光損失変化の結果を Fig. 2 に示す。Pd 単体のセンサに比べ、Pt 膜のセンサは窒素・水素に対する光損失変化が安定し、経時変化による感度低下の抑制が確認できた。以上の結果から、Pd と Pt の合金化によって、水素センサの応答特性の再現性低下を抑制する効果が示唆された。

IV. まとめ

本稿では、Au/Ta₂O₅/Pd によるヘテロコア光ファイバ SPR 水素センサに Pt を担持させることで、センサの耐久性が向上し、Pt による応答特性の再現性低下を抑制する効果が示された。

参考文献

- [1] A.Hosoki et al., Sensors and Actuators B 185 (2013) 53-58
- [2] Z. Zhao et al., Sensors and Actuators B 113 (2006) 532-538
- [3] 奥原芳樹,1999 博士論文(長岡技術科学大学), (1999)

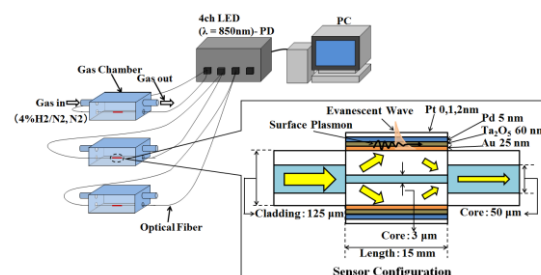


Fig. 1 Experimental setup for SPR hydrogen sensor based on a hetero-core structured optical fiber

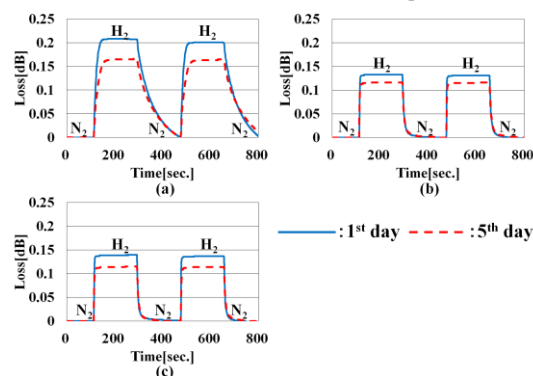


Fig. 2 Optical loss changes of hetero-core optical fiber SPR hydrogen sensors with (a) 0nm Pt, (b) 1nm Pt and (c) 2nm Pt for 0- and 4% H₂ from 1st to 5th day