

光熱反射検出法を基にした光ファイバ水素ガスセンサ構成法 に関する研究

Study on optical fiber hydrogen sensor based on
photothermal reflectance detection technique

矢来 篤史 (YARAI Atsushi)

現在水素ガスは、エネルギー貯蔵をはじめ、社会から注目を浴びている。現在実用化されている水素センサには、本質的な欠点があり、それはセンサ部を電気ヒータで常に加熱しておく必要があることである。この方式のガスセンサは比較的高感度なうえ、動作原理も単純で低価格であるので広く普及しているが、可燃性ガスを電気ヒータで加熱することは、必ずしも適切ではない。そこで防爆性の観点から、光学検出式の水素センサが開発されつつある。本研究では、パラジウム(Pd)が水素ガスを吸着する性質に着目、吸着の程度により、Pd 薄膜の熱物性値が変化するのでないか予想し、この現象を検出するとともに、センサ構成法について検討した。すなわち検出感度では劣る光学的反射光強度検出方式ではなく、熱物性値の変化を光学的に検出することにより、検出感度の向上と検出部の小型軽量化を目指した。

薄膜の熱伝導率や熱拡散率、比熱などの熱物性値を測定評価する方法の一つとして、光熱反射検出法が広く知られている。しかし従来のこの方法では、実験室内の光学定盤上に測定系を構成することが必要であり、これをそのままセンサに応用することは本質的に無理である。そこで本研究 1 年目においては、主として、光ファイバで構成された光線経路を有する光ファイバ方式光熱反射検出装置の構成法について検討した。詳細は 2008 年度に中間報告しているもので、ここでは省略する。

本研究 2 年目においては、直径 2.5mm の光ファイバコネクタ用のジルコニア製 FC フェルールの端面に Pd 薄膜を dc スパッタ法で製膜し、光ファイバから入射した光熱励起用の半導体レーザー光と、光学的反射率測定用の LED 光により、これが水素センサとして機能するかどうかの検討を行った。その結果、膜厚 250nm において、水素濃度 1 % 以下で明確な変化を検出出来る性能を有していることが明らかとなり、検出限界濃度はおよそ 0.05 % であることが明らかとなった。ただし、濃度およそ 3 % 以上で検出信号がほぼ飽和する現象が見られ、これは Pd 薄膜における水素吸着が量的に飽和したものと考えられる。つぎに、反応および回復特性について検討した。その結果、濃度 1 % のガスに曝した後、約 5 秒で検出信号に変化が表れ、ガスを排出した後、約 30 秒で信号に回復兆候を呈することが確認された。これらのことから、検出感度および反応時間は十分に実用化レベルにあることが確認されたが、一方、回復特性において十分に時間経過した後でも、ガス検出前の信号レベルには復帰しなかった。すなわち現状では、繰り返して使用出来る十分な再現性を有しているとは言えない。この原因として、Pd 薄膜の膜質に問題があると考えられ、これは今後の検討課題である。