

膨潤性ポリマーを用いたリーキー・導波変換型 POF センサの開発

Leaky Waveguide Conversion Type POF Sensor Using Swelling Polymer

山梨大学 ◯鈴木 裕, 森澤 正之

Univ. of Yamanashi, ◯Yutaka Suzuki, Masayuki Morisawa

E-mail: yutakas@yamanashi.ac.jp

1. はじめに

POF (Plastic Optical Fibre) 型センサは小型であり柔軟性にも優れている。また、光学的な検知のため電磁ノイズに強く、防爆性にも優れている等、数多くの利点を持っている。本研究では膨潤性ポリマーをクラッドに用いた、ガス状物質に高感度で高速に応答するリーキー・導波変換型 POF センサについて報告する。

2. リーキー・導波変換型 POF センサの原理

POFのクラッドを検知対象のガスに対して膨潤するポリマーに置き換えることで、クラッドの屈折率変化を利用してガスセンサとして機能させる。例えば、ノボラック樹脂(Novolac resin)は、メタノールやエタノールなどのアルコールに対して選択的に膨潤を示す。一方、燃料性ガスの主成分であるアルカン類に対してはポリイソプレン (Polyisoprene : PIP)が、アミンにはポリビニルアルコール(Polyvinylalcohol)が、水分に対してはヒドロキシエチルセルロース(Hydroxyethylcellulose)やポリビニルピロリドン(Polyvinylpyrrolidone)などが膨潤を示す。これらの膨潤性ポリマーをそれぞれ用いることにより、種々の光ファイバガスセンサが実現できる。

膨潤性ポリマークラッド層の初期屈折率 (検出対象ガスが存在しない時の屈折率) n_2 をコアの屈折率 n_1 よりわずかに大きく設定しておく、検出対象ガスの有無により光ファイバを容易にリーキーモードから導波モードへと変換されるため、透過光強度は大きく変化する。この時のコアとクラッドの初期屈折率差 $\Delta n = n_2 - n_1 > 0$ は小さいほど応答は速い。また、ステップインデックス型のマルチモードファイバを用いると膨潤性ポリマークラッドの屈折率が下がるにつれて低次モードから順に導波条件を満たしていくので、連続的に変化する検出対象ガスの濃度を POF の透過光強度で計測できる。

3. リーキー・導波変換型 POF センサの測定系

本センサの測定系を図1に示す。入力側の POF には発光ダイオード(LED)を、出力側 POF には光検出器としてフォトダイオードを接続するだけの簡便なものであり、安価に構成することができる。

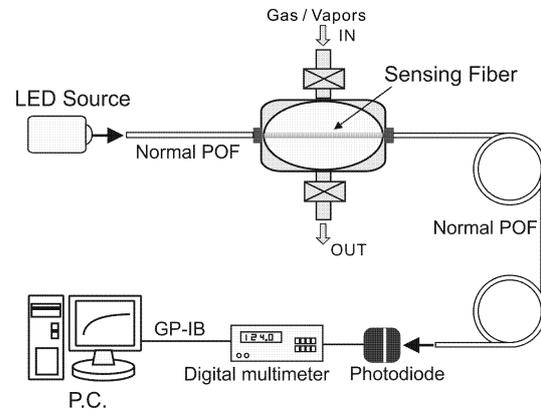


図 1. POF ガスセンサ測定系

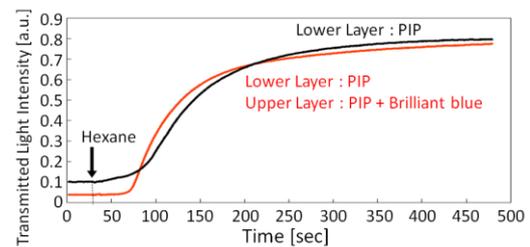


図 2. ヘキサン飽和蒸気に対する応答

4. 応答結果の例 (ヘキサン飽和蒸気)

一例として、図2にアルカン類であるヘキサンに反応する POF センサの応答結果について示す。コアに径 0.485mm のポリメチルメタクリレート (Polymethylmethacrylate : PMMA), クラッドに PIP を用いた。クラッドに色素をドープし、漏れ光を吸収させることで感度向上が望めるが、単にクラッドに色素をドープすると、エバネッセント波との相互作用や色素ドープによる屈折率変化など、センサ感度を低下させる効果が生じる。そこで、クラッドの膨潤性ポリマー層(PIP)の上部に色素ドープ PIP をエレクトロスプレー(Electrospray deposition : ESD)法により塗布した、2層クラッド構造とすることで感度が向上することを確認している。

5. まとめ

膨潤性ポリマーをクラッド層とするリーキー・導波変換型 POF センサの研究結果について報告した。現在、さらなる感度向上を試みている。