

環境計測用ファイバセンサの高感度化に関する研究

Study on sensitivity enhancement of thermal lens detection type fiber sensor for environmental monitoring

矢来 篤史
(Atsushi YARAI)

環境問題に密接に結びつく CO₂などの気体、ディーゼルエンジンなどの排ガスに含まれるカーボン微粒子(soot)、空気中に含まれる水蒸気量など光ファイバを用いリモート検出できるセンサの構成法とその高感度化、およびセンサとして実使用できるプロトタイプの実用化を目的に研究を開始した。本研究は大別して、1) ガスセンサ、2) soot センサ、3) 湿度センサに分けられ、それぞれファイバレーザの発振波長制御によるガス光吸収波長の選択化、大気中の soot のみを検出するためガスや水蒸気による影響の無依存化、大気中水蒸気量の測定高精度化を実現した。具体的にはつぎのとおりである。

上記 1)においては、主として可燃性気体であり 1532.83 nm および 1653.7 nm にそれぞれ吸収波長を有するアセチレンガス、メタンガスの高感度検出を目指しファイバレーザでこれらの波長を高精度で発振できると共に我々がオリジナルで開発した熱レンズ検出型ファイバセンサへの実装法を検討した。その結果、検出感度として波長可変のレーザダイオードを用いるセンサの検出感度に匹敵する検出可能最小ガス圧 10 hPa(大気圧比約 1/100)を実現した。可燃性気体検出用のセンサとしては十分な性能を有していることがわかったが環境計測用のセンサとしては感度がまだ不十分であり、その原因としては発振波長の不安定性にあることを明らかとした。この問題を改善するためエタロンを用い発振波長の安定化と掃引を可能とするシステム構成を現在検討している。

上記 2)においては水蒸気に対して光吸収が極めて少なく光通信用素子として入手容易な波長 975 nm 帯でセンサ構成をおこない、大気中の水蒸気が検出信号に影響を及ぼさないことをまず明らかとした。つぎに soot の測定を試みたが再現性が得られにくく、その原因はセンサ部である先球加工ファイバ先端がわずか数 10 μm のため、そこが soot により汚れることによるものであると推測した。現在その対策として、そこにエアークリーニングの機構を設けることを検討している。

上記 3)においては水蒸気に対して光吸収が極めて大きく、かつ上記 2)と同様な理由により波長 1470nm 帯でセンサ構成をおこなった。検討の結果、本センサは検出信号と絶対湿度値との間に線形性があることが見出された。また湿度変化に対する反応速度が市販の抵抗変化型センサに比べ約 3倍高速であることも明らかとした。

これらの研究結果の一部は IEEE Instrumentation and Measurement Tech. Conf. において国際会議論文として公表すると共に IEICE ELEX (電子情報通信学会エレクトロニクスサイエティ電子媒体レター論文誌) Vol.2, No.14 (2005)、および Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 45, No.4A (2006) に原著論文として掲載され、広く公表した。