

光 SSB 変調器をループ内に実装した 光コムキャビティリングダウン分光センサ構成法に関する研究

Study on system configuration of cavity ring down spectroscopic sensor with optical single side band (SSB) modulator, functioning as optical-comb generator

矢来 篤史 (YARAI Atsushi)

光吸収によって物質の濃度を計測する吸収分光法は、あらゆる原子・分子に適応できる普遍的、かつ古典的な方法であるが、従前から検出感度が比較的低いとされていた。この方法における検出感度の向上法の一つとして、吸収光路長を長くすることが考えられるが、装置体積の制約から必ずしも得策とは言えない。そこでレーザの光共振器と同様な構造をもつキャビティ内に光パルスを閉じ込め、何 1000 回もの間、光パルスが共振器を往復することを利用して、実効的に光路長を数 km 程度まで長くする方法が考えられた。これがキャビティリングダウン分光法 (Cavity Ring Down Spectroscopy, 略して CRDS と呼ばれている) である。本研究では、bulky 的な Fabry-Pérot 型光共振器ではなく、光ファイバでリングループを構成し、このループ内に光 SSB 変調器と損失補償のための光増幅器を実装したセンサ構成法について検討している。

光 SSB 変調器は、比較的簡単に光の周波数を 10 GHz 程度シフトさせることが出来るので、光パルスがファイバループ内を 1 周するごとに周波数が 10 GHz ずつシフトされてゆく筈であり、リングダウンと共に等価的には波長掃引が実行されることに着目し、本研究を立案した。ここで本研究で用いている波長は、1550 nm 帯であり、10 GHz に対応する波長シフトは約 0.08 nm である。新規性として、光路長を等価的に長くする従来法だけではなく、それと同時に波長掃引の効果を併用し、検出感度の向上のみならず、光ファイバによるリングループ方式でさえ高感度化を期待した。その結果、波長は予測どおりシフトしてゆき、波長掃引はできたが、一方では信号の振幅強度が不安定となる問題が発生した。この問題は、偏波面がループ周回のたびに不要に回転し、SSB 変調器に入力されるときに偏波面が安定しないことによるものと結論づけ、その改善策も検討しているが、現時点で問題解決には至っていない。

そこで現在、逐次的な波長シフトではなく、同じ SSB 変調器を用いて基本波に対し、上側波帯と下側波帯の 2 種類の波長シフトしたもの(これらの波長差は約 0.16 nm)を低周波信号で切り替え、差動型の CRDS 構成法を検討している。現在、吸収強度が約 7×10^{-23} cm/molecule と極めて検出が困難である波長 1572.018 nm での二酸化炭素の検出を検討している。これは光吸収光路長が数 cm で光通信用デバイスが使用できる波長での小型センサ化の応用を目的としている。現時点で波長シフトによる差動法の有効性が確認され、学外発表と論文化の見通しが得られており、次年度それらを予定している。