

波長掃引 CRDS を用いた小型微量水分計の開発

Development of a miniaturized CRDS-based trace-moisture analyzer using wavelength-scanned cavity ring-down spectroscopy

産総研¹, 神栄テクノロジー株式会社² °阿部恒¹, 橋口幸治¹

本田真一², 三宅伴季², 清水裕行²,

National Metrology Institute of Japan (NMIJ/AIST)¹, Shinyei Technology CO., LTD²

°Hisashi Abe¹, Koji Hashiguchi¹,

Shinichi Honda², Tomoki Miyake², Hiroyuki Shimizu²

E-mail: abe.h@aist.go.jp

【序】キャビティリングダウン分光法(CRDS)は超高感度なレーザー吸収分光法の一つであり、ガス中の微量成分の検出、特にモル分率 $1 \mu\text{mol/mol}$ (1 ppm)以下の領域の微量な水蒸気(微量水分)の計測に威力を発揮する方法である。しかし、現状の市販 CRDS 微量水分計はサイズが大きく、そのため応用先が制限されている状況にある。この問題に対応するため、私たちは小型 CRDS 微量水分計の開発を行っている。小型化に伴う課題の一つに分解能の低下があり、これによって吸収線の中心波長での測定が困難となり、測定の精度・感度が低下する問題がある。これに対処するため、ダイオードレーザーの駆動電流を掃引して波長掃引を行い、得られた吸収スペクトルを解析することで水分濃度を決定する方法(波長掃引 CRDS)を採用した。

【実験】 $1 \mu\text{mol/mol}$ レベルの微量水分を含む窒素ガスを小型 CRDS 微量水分計に導入し、近赤外領域(1400 nm 帯)で水の吸収スペクトルを測定した。レーザーの波長掃引は、ファンクションジェネレーターを用いてダイオードレーザーの駆動電流を周期的に変化させて行った。得られた吸収スペクトルを Lorentz 関数を使って最小二乗法解析し、吸収線(中心波数: 7181.14 cm^{-1})の面積を求めた。この実験を 100 回繰り返して、100 個の面積データの平均値と標準偏差を求めた。これを、4 つの周期波形(サイン波、三角波、ノコギリ波、逆ノコギリ波)を用いて、それぞれ、周期波形の繰り返し周波数 f_{rep} を 1 Hz~100 Hz の範囲で変化させて行った。

【結果】 Fig.1 に得られた相対標準偏差(標準偏差÷平均値)を示す。サイン波、三角波に比べて、ノコギリ波を用いた方がばらつき(相対標準偏差)が小さい結果となった。また f_{rep} の低い領域では 2 つのノコギリ波の間にも差が見られ、ノコギリ波よりも逆ノコギリ波の方がよい結果が得られた。この差はダイオードレーザーの特性、すなわち発振周波数、温度、電流の関係によって生じることがわかった。発表ではこれらの詳細について報告する。

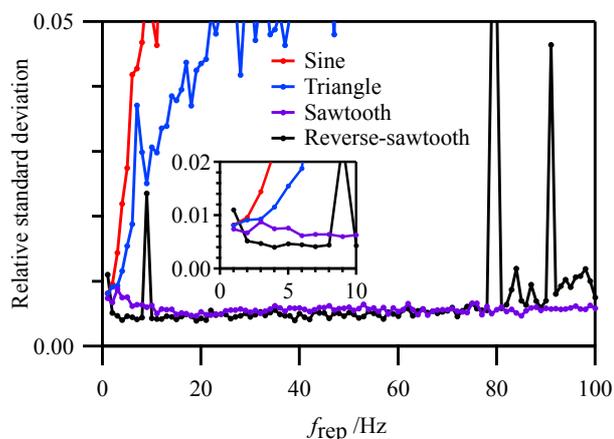


Fig.1 Relative standard deviation of integrated area of water absorption line at 7181.14 cm^{-1} as a function of f_{rep} . The inset presents an enlarged view of the graph in the low- f_{rep} region.