ガス中微量水分の高感度吸収スペクトル測定

High-sensitivity absorption spectra measurement of trace moisture in gases

産総研[1], ニコラス・コペルニクス大学[2] ○橋口 幸治[1], Lisak Daniel[2], 阿部 恒[1]

NMIJ/AIST[1], UMK[2], ○Koji Hashiguchi[1], Daniel Lisak[2], Hisashi Abe[1],

E-mail: koji.hashiguchi@aist.go.jp

近年、半導体や有機 EL・有機太陽電池をはじめとしたハイテク産業において、ガス中微量水分(モル分率 1 ppm 以下)を精確に測定、管理する需要が高まっている。特に、水に弱いとされる、有機 EL 等の保護に使用されるハイバリアフィルムの業界においては、フィルムのバリア性評価のために、100 ppt 以下もの微量な水分の測定が要求されている。これまでに微量水分測定のための様々な測定技術が開発されているが、ppt レベルでの測定は未だ困難な状況にある。そのなかでも、キャビティリングダウン分光法(CRDS)を用いた微量水分計測は、信頼性の高い測定法として近年注目されている。CRDS では、使用する共振器のミラーの反射率を高く(共振器のフィネスを高く)することで測定感度を上げることができる。ただし、高フィネス共振器を使用する場合には、レーザー光を共振器に如何に透過させるかという課題を解決する必要がある。PDH 法を用いてレーザー周波数を制御する方法[1]もあるが、複雑な制御機構が必要となり、特に共振器のフィネスが高い場合には PDH 法を持続させるのは難しい。

現在開発中の CRDS を用いた微量水分測定装置においては、HeNe レーザーを用いて共振周波数を制御し[1]、さらに CRDS 測定用レーザーの周波数を波長計の値を用いて制御するという独自の手法(波長計制御型 CRDS[2])を用いることで、高フィネス(フィネス 15 万)の共振器であっても、複雑な機構なく長時間安定した測定を可能にしている。開発した装置を用いて実際に微量水分を測定することに成功した。測定の結果、スペクトル解析においては、ローレンツ関数(LP)やフォークト関数(VP)より精巧な関数が必要なことがわかった。そこで、水分子と媒質ガスの衝突の影響を考慮した新たな関数 Speed-dependent Voigt profile (SDVP) [3]を導入し、結果的に残渣の標準偏差を 10 ppt 以下にすることができた(Fig.1)。微量水分標準ガスを用いて、水分量を変えて測定を行い、装置の妥当性も確認できた。

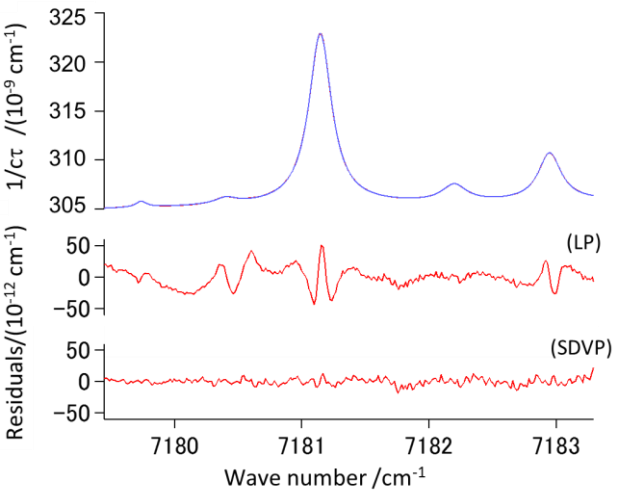

Fig.1 Near-infrared spectrum of H_2O in N_2 (16 ppb) and residuals for fits of LP and SDVP

[1] J. T. Hodges et al., Rev. Sci. Instrum. 75, 849 (2004).

[2] K. Hashiguchi et al., Sens. Actuators A 241, 152 (2016).

[3] D. Lisak et al., Phys. Rev. A 79 052507 (2009).

© 2017年 応用物理学会