

レーザー吸収分光法の数密度測定適用範囲の拡大と

絶対酸素原子数密度測定への応用の初期検討

Extension of number density measurement range of laser absorption spectroscopy and primary investigation of application of atomic oxygen number density measurement

静岡大, °森田 陵, 松井 信

Shizuoka Univ., °Ryo Morita, Makoto Matsui

E-mail: ryo.morita.0123@gmail.com

研究背景>

宇宙往還機の帰還などの大気圏突入時には飛行速度が約 7 km/s 以上に達するため、機体の前方に形成される強い衝撃波層内は高温のプラズマ状態になる。そのため機体は対流加熱や輻射加熱を受け、厳しい加熱環境に曝される。この熱環境から機体を保護する熱防御システム(TPS)の開発ため、これまで様々な高エンタルピー風洞が開発されてきた。これらの風洞を用いた試験における酸素、窒素原子の数密度は TPS の表面触媒性を評価する上で重要なパラメータであるが、未だその測定法は確立されていない。

本研究では、この測定法としてレーザー吸収分光法(LAS)を酸素の基底準位からの遷移線である OI 630 nm 線に適用する方法を提案する。しかし本手法の対象となる OI 630 nm 線は禁制遷移線であるため、従来の LAS では測定が難しい。そのため 4-5 桁程度の感度向上が必要となる。本研究では、高感度手法である波長変調分光法(WMS)と集積共振器出力分光法(ICOS)を組み合わせ、4 桁以上の感度向上を試みる。

実験方法>

本手法は従来のレーザー吸収分光法の測定限界(吸収率 1%) から測定限界点をどこまで引き下げられるかがポイントとなる。そこで従来の LAS と WMS および ICOS で取得できる最小数密度を取得し比較する。次に ICOS と WMS を組み合わせた場合に ICOS 信号の SN 比をどれだけ向上できるかを調べる。

特色と独創的な点>

1. 遷移確率が極めて小さいために従来は対象とみなされなかった禁制遷移線を対象とする点。
2. 絶対数密度、温度をリアルタイムに取得することができ、衝撃波のような高圧プラズマへの適用が可能なレーザー吸収分光法を本対象に適用できるよう高感度化する点。

研究成果>

本研究ではこれまで LAS と比較して、WMS で 40 倍、反射率 98.4%のミラーを用いた ICOS で 60 倍の感度向上に成功した。また ICOS に WMS を組み合わせ、従来の ICOS 信号よりも更に SN 比を 37 倍向上することに成功した。更なる高感度化のためミラー反射率 99.9%程度のミラーを用いて WM-ICOS を行う。このミラーの使用により ICOS で約 1000 倍の感度向上が得られ、WMS と組み合わせた場合 4-5 桁の感度向上を達成できる。

参考文献>

W. Zhao, K. Gao, W. Chen, W. Zhang, T. Huang, Wu1, H. Cha, " Wavelength modulated off-axis integrated cavity output spectroscopy in the near infrared", Appl. Phys. B 86, 353–359 (2007).

キーワード>

酸素原子数密度測定, レーザー吸収分光法, 禁制線