Measurement of Oxygen radicals in plasma by laser-induced fluorescence spectroscopy (LIFS)

レーザー誘起蛍光法(LIFS)によるプラズマ中の酸素ラジカル測定

Yuuichi WATANABE and Akira TONEGAWA

Department of Physics, School of Science, Tokai University, 1117
Kitakaname, Hiratuka, Kanagawa, 259-1292 JAPAN
TEL:81-463-58-1211(EXT.3684) FAX:81-463-58-1812

Masahiro SATO

Department of Nuclear Engineering, School of Engineering, Tokai University, 1117
Kitakaname, Hiratuka, Kanagawa, 259-1292 JAPAN
TEL:81-463-58-1211(EXT.3684) FAX:81-463-58-1812

Kazutaka KAWAMURA and Kazuo TAKAYAMA

Research Institute of Science and Technology, Tokai University, 1117
Kitakaname, Hiratuka, Kanagawa, 259-1292 JAPAN
TEL:81-463-58-1211(EXT.5300) FAX:81-463-58-1203

(Received 14, November 1998 Accepted 12, June 1999)

We have demonstrated the measurement of two-photon laser-induced fluorescence to monitor atom concentrations in a magnetized sheet plasma with vertical gas flow system. The Oxygen atomic radicals were detected by exciting O atoms at 226nm and detecting fluorescence at 845nm.

keywords : Oxygen radicals, LIFS, Plasma

I. INTRODUCTION

酸素ラジカルは活性で反応性が非常に高いため、環境問題(オゾン層破壊)・プラズマプロセス(プラズマエッチング、表面処理等)において、重要な役割を果たしている。¹そこで本実験は、シートプラズマ・ガス直交システム及びレーザー誘起蛍光法(LIFS)を用いて、酸素ラジカルの蛍光スペクトルの測定を行った。

II. EXPERIMENTAL

プラズマとガスの接触現象は、電子、イオン、中性粒子(ラジカル)等の生成が同時に起こり空間的限定が難しく、またラジカルは短寿命で時間的変化を伴うため測定が困難である。そこでアルゴン-シートプラズマに酸素ガスを垂直に接触させ、LIFSで測定するシステム(シートプラズマ・ガス直交系)を用いた。この方法を用いると、反応領域と測定領域を限定化することができ、またレーザーと同調させることにより時間的変化に対応できる。

LIFSとは、検出物のエネルギー準位差に等しいレーザー波長を入射し、レーザー励起によって生じた特定の原子、分子の励起状態からの蛍光を検出する測定法である。

例えばOHラジカルは284nm付近のレーザーで1光子によるLIFSで測定できるが、酸素ラジカルは1光子によるLIFSでは自己吸収のために蛍光の測定が困難であるため、2光子励起法を用いる。²Figure1に2光子励起によるLIFSの原理を示す。^{3,4}226nm付近のレーザーより2光子励起された原子の一部は蛍光を発し、一部はさらに励起光を吸収してイオン化

する。LIFSでは、この蛍光845nmを測定する。励起の問題点としては、直接励起に比べて断面積が小さいので高いパワー密度のレーザーが必要となる。

Figure2に実験装置および測定システムの概略図を示す。

酸素励起用には、YAG励起の色素レーザーを用いて568nm付近のレーザーを発生し、非線形結晶により倍波284nm付近を発生させ、これをさらにYAGレーザーの基本波1064nmとミキシングし、第3高調波である226nm付近のレーザーを発生させた。

FIG.1. Principle of the LIFS methods.

FIG.2. The LIFS measurement system.

FIG.3. LIFS Intensity are plotted against laser wavelength.

III. RESULT

放電ガス $Q_{Ar}=20\text{sccm}$ (Standard Cubic Centimeters per Minute)、放電電流 $I_d=10\text{A}$ 、磁場強度 $B=0.07\text{T}$ 、酸素ガス $Q_{O_2}=20\text{sccm}$ と固定して、酸素スペクトルの測定を行った。

Figure3にレーザー波長を変化させたときの蛍光強度(845.25nm)の変化を示す。このグラフより、レーザー波長が226.24nmのときに最も蛍光強度が強くなる。つまり、酸素ラジカルを励起させていることがわかる。

Figure4は酸素ガスを直交させているアルゴン—プラズマに励起レーザー(226.24nm)を入射した時(a)、酸素ガスを直交させているプラズマの時(b)、酸素ガス非接触のプラズマ発光のみの時(c)を比較したグラフである。Figure4-(a)、(b)とも845.25nmの蛍光が出ているが、これはシートプラズマによって酸素ラジカルが励起されていることが、酸素ガスを出していないFigure4-(c)と見比べればよくわかる。Figure4-(a)はレーザーによって励起された分、強くなっている。Figure4-(c)のグラフで842~3nm付近にも蛍光が出ているが、これはシートプラズマによる自然発光である。Figure4-(a)、(b)にも自然発光がでていることがグラフからわかる。

IV. CONCLUSION

シートプラズマに酸素ガスを直交させ、LIFSにより酸素ラジカルを検出した。励起レーザー波長226.24nmのときに、酸素ラジカルの蛍光波長845.25nmを確認することができた。また、酸素ラジカルがシートプラズマによっても、励起されていることが分かった。

FIG.4. Emission spectrums of oxygen radicals.

REFERENCES

- ¹ Kunihide Tachibana : Bunkoukenkyu 37,142(1998)
- ² Tokyo-insuturumenntu : Laser-yuukikeikouhou-bunkoubunseki-system
- ³ William K.Bischel,Bryce E.Perry and David R.Crosley : Appl.Opt.21,1419(1982)
- ⁴ L.F.Dimauro,R.A.Gottscho,and Terry A.Miller : J.Appl.Phys.56,2007(1984)

Presented at '98 SAS Intelligent Symposium