

課題番号 : F-21-NU-0039
利用形態 : 共同研究
利用課題名(日本語) : プラズマ中の現状ラジカル解析
Program Title (English) : Analysis of atomic radicals in plasma
利用者名(日本語) : 竹田圭吾
Username (English) : K. Takeda
所属名(日本語) : 名城大学理工学部電気電子工学科
Affiliation (English) : Faculty of Sci. and Technol., Dept. of Electr. Electron. Eng., Meijo University
キーワード/Keyword : プラズマ、表面処理、形状・形態観察、分析

1. 概要(Summary)

真空紫外吸収分光用の光源として開発されたマイクロ放電ホロカソード光源(MHCL)は、放電ガスに He ガスを用いた大気圧プラズマに少量のガス分子を添加することで、ガス分子の解離により生成する原子の発光線を利用した光源である。本光源により、従来は大型レーザーを必要とした真空紫外吸収分光法による原子状ラジカルの定量計測が比較的簡便となり、様々なプラズマ内で生成される原子の計測に応用されている。

この MHCL のようなプラズマを用いた光源では、光源内の原子密度が高くなると励起原子から放たれた光が、同じ空間内に存在する基底状態の原子によって吸収される自己吸収現象が生じる。この自己吸収現象が生じると光源から放出される原子光スペクトルは、中心部の光強度が減少した歪んだ形状となり、この現象は吸収分光用光源として大きな問題であった。しかし、本研究ではこの自己吸収による発光スペクトルの形状変化が光源内の原子密度に依存することに着目し、これを利用した新しい吸収分光計測の検討を行っている。今回、MHCL 内での自己吸収現象を理解するうえで重要となる、MHCL 内の発光原子の密度状態について実験および理論的な計算で得られた結果をもとに考察した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

真空紫外吸収分光計

【実験方法】

本実験では、誘導結合型水素(H₂)ガスプラズマ(H₂-ICP)内で生成された水素(H)原子(密度: $1.7 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$)を測定対象とした。He ガスに少量の H₂ ガスを添加した混合ガスを用いた MHCL から放出される Lyman α 線を光源とした真空紫外吸収分光法により、H₂-ICP 内の H 原子による光吸収率を計測した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

生成条件を一定とした H₂-ICP に対し、MHCL 内の H₂ 分圧を変化させて吸収分光計測を実施した結果、

H₂-ICP 内の H 原子による光吸収率は、MHCL 内の H₂ 分圧の上昇に伴って減少した。これは MHCL 内の H 原子の密度が H₂ 分圧の上昇とともに増加し、光源内の自己吸収の影響が大きくなったためと考えられる。

次にこの計測結果に対し、自己吸収現象が生じている MHCL から放出される発光スペクトルの形状を理論的に計算し、それを光源とした場合の光吸収率を見積もることで、自己吸収現象が生じている MHCL 内の H 原子の密度状態を考察した結果、MHCL 内の H 原子密度は、H₂ 分圧の上昇とともに増加したのち、飽和する傾向を示し、約 200 Pa の分圧時に、 $2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 程度の密度となることが推測された。以上の結果は、MHCL 内の自己吸収現象を理解するうえで重要な知見であると考えている。

4. その他・特記事項(Others)

・共同研究者: 国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学低温プラズマ科学研究センター・近藤博 准教授

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) K. Takeda, et al., 74th Annual Gaseous Electronics Conference, UF21.00002, Virtual Conference, Oct. 4-8, 2021.
- (2) K. Takeda, et al., 5th Asia-Pacific Conference on Plasma Physics, A-O14, Remote e-conference, Sept. 26-Oct. 1, 2021.
- (3) K. Takeda, et al., The 12th Asia-Pacific international symposium on the basics and applications of plasma technology, O9-3, Hybrid conference, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan, Dec. 9-11, 2021

6. 関連特許(Patent)

なし。