

ウルトラピュア大気圧Heプラズマ中のHe準安定原子の寿命測定 Measurements of He metastable decay time in ultrapure atmospheric pressure He plasma

池田 隼輝¹, 羽田 拓実¹, 吉田 実加², 品田 恵³, 北野 勝久², 荒巻 光利¹
Toshiki IKEDA¹, Takumi HADA¹, Mika YOSHIDA², Kei SHINADA³,
Katsuhisa KITANO² and Mitsutoshi ARAMAKI¹

日大生産工¹, 阪大工², 島津製作所³
Nihon Univ.¹, Osaka Univ.², Shimadzu Co.³

Heガス中の不純物濃度をppbオーダーまで低下させて生成したプラズマを我々はウルトラピュアプラズマと称している。これまでほとんど考慮されることがなかった大気圧プラズマにおける極微量不純物の影響について研究を進めており、すでにいくつもの新規現象が発見されている。今回は、純化装置によりガス中の不純物量を減少させる過程で測定したHe準安定原子の寿命と不純物量について報告する。

実験装置をFig.1に示す。石英管(内径2mm, 外径4mm, 長さ1m)の外側に銅箔を巻き、高電圧(8kV, 17kHz)を印加することで、大気圧プラズマを生成した。純化装置を作動させると徐々にHe中の不純物濃度が低下し、ウルトラピュアプラズマへと遷移するが、遷移過程で小型CCD分光器を用いて発光分光、および1083nmの狭帯域波長可変DFBレーザーを用いてHe準安定原子のレーザー吸収分光を行った。

事前に配管をHeで30分間パージしてから、純化装置を120分間動作させて吸収分光測定及び発光分光測定を行った。測定した吸収波形 (Fig.2) を(1)式でフィッティングをし、He準安定原子の寿命を算出した。

$$\frac{dn_{\text{He}^*}}{dt} = Ae^{-b(z-v_b t)^2} - \frac{n_{\text{He}^*}}{\tau_{\text{He}^*}} \quad (1)$$

ここで、 n_{He^*} と τ_{He^*} はHe準安定原子の密度と寿命、 z は高電圧電極からの距離、 v_b はプラズマビュレットの伝播速度を表している。

Fig.3にHe準安定原子の寿命の変化とプラズマ中の不純物濃度の変化を示す。放電開始後の30分間は、配管のガスパージ中であり、準安定ヘリウム原子の寿命が徐々に増加している。純化装置の動作後30分間はHe準安定原子の寿命が減少し、その

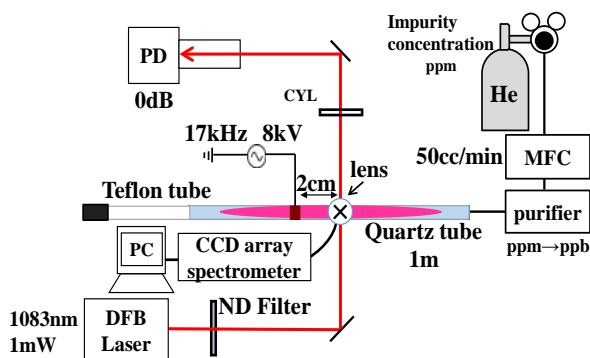


Fig.1 Experimental setup.

後増加し、120分後は3.5 μs となり放電開始時に対して150%増加した。He準安定原子の消滅過程と

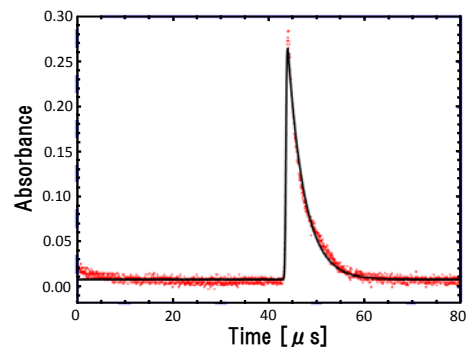


Fig.2 Fitting of absorption waveform.

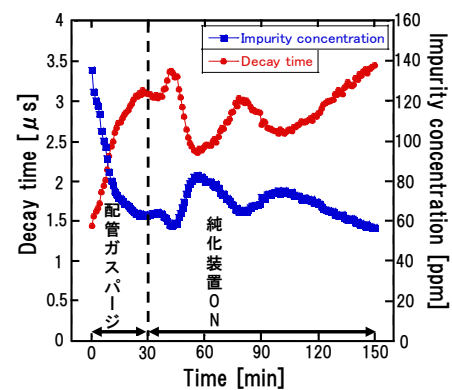


Fig.3 Variation of decay time of He metastable atoms and impurity concentration in plasma.

して以下の三つを検討した。一つ目はHeダイマーの生成による消費で、この放電条件での減衰時間は8.7 μs と見積もられた[1]。二つ目は拡散による石英管内壁との衝突で、減衰時間は2 msと見積もられた。三つ目は不純物との衝突による脱励起で、減衰時間は不純物濃度に依存している。実験結果から求められたHe準安定原子の3.5 μs という寿命はHeダイマー生成や石英管内壁での脱励起によって決まる減衰時間よりも明らかに短く、He準安定原子は不純物との衝突により消滅していると考えた。従って、He準安定原子の寿命から不純物濃度を見積もることができる。純化装置を作動させて120分後には不純物濃度が57 ppmまで減少したことが分かった。今後は、さらに不純物濃度を低下させて、放電の変化について調べる予定である。

[1] K. Tachibana, Y. Kishimoto, and O. Sakai, J. Appl. Phys. 97, 123301 (2005).