

VUVAS/Actinometry/LIFを用いた窒素原子密度計測 Nitrogen atomic density measurements using VUVAS / Actinometry / LIF

西尾亮佑¹⁾、梶田信²⁾、大野哲靖¹⁾、田中宏彦¹⁾、
浅岡晃次¹⁾、堤隆嘉³⁾、堀勝³⁾、荒巻光利⁴⁾

Nishio Ryosuke¹⁾, Kajita Shin²⁾, Ohno Noriyasu¹⁾, Tanaka Hirohiko¹⁾,
Asaoka Koji¹⁾, Tsutsumi Takayoshi³⁾, Hori Masaru³⁾, Aramaki Mitsutoshi⁴⁾

¹⁾名大院工、²⁾名大未来研、³⁾名大低温プラズマ科学研、⁴⁾日大生産工

¹⁾Grad. Sch. Eng., Nagoya Univ., ²⁾IMaSS, Nagoya Univ., ³⁾cLPS, Nagoya Univ., ⁴⁾Nihon Univ.

窒素原子はNO_x除去[1]や材料窒化など、様々な用途での使用が期待されている。特に、窒化ガリウム結晶生成のために molecular-beam epitaxy (MBE) 法が広く使用されており、MBE法において窒化ガリウムの成長速度は窒素原子密度に依存するため、高窒素原子密度環境の生成が求められている[2]。しかし窒素分子は高い結合エネルギーを持つ(8.80 eV)ため、高密度窒素ラジカル源の開発は容易でない。

本研究では、長い磁力線長を有する螺旋状プラズマ生成装置NAGDIS-Tを使用し、解離性再結合反応による高密度の窒素原子生成を目指す[3]。まず、N₂の電子衝突によりN₂⁺プラズマが生成される(N₂ + e⁻ → N₂⁺ + 2e⁻)。次に、長い磁力線に沿った輸送中にプラズマが冷却され、電子温度が1 eV程度まで低下する。このとき、解離性再結合反応(N₂⁺ + e⁻ → N + N)が優勢となることで、窒素原子が生成されることを期待している。

これまでにNAGDIS-Tにおける窒素原子密度計測では、真空紫外吸収分光法(VUVAS: Vacuum Ultraviolet Absorption Spectroscopy) [4]およびアクチノメトリー法[5]が用いられている。しかし、VUVASはプラズマ中心から約150 mm離れた壁位置での計測であり、プラズマ中心の値を反映していない可能性がある。また、解離性再結合は低電子温度で促進される反応であることから、同反応が優位となるパラメータ領域では、プラズマ発光を利用するアクチノメトリー法は適さない。

そこで本研究では、NAGDIS-Tにレーザー誘起蛍光法(LIF: Laser Induced Fluorescence) [6]適用のための計測系の導入を進めている。LIF実験に使用するレーザーシステムは、Nd:YAGレーザーと、色素媒体としてローダミン640の使用された色素レーザーから構成されている(図1)。YAGレーザーから放出された波長λ =

532 nmの光を色素レーザーに入射し、10 Hzでλ = 621 nmの光を生成する。次に、この光はBBO結晶を介して周波数が3倍になり、λ = 206 nm付近にUVパルスが生成される。LIFでは、λ = 206.7 nmのレーザーを基底状態の窒素原子に照射して二光子励起を起こさせ、その後放出されるλ = 742-746 nmの発光を光ファイバーを介して光電子増倍管で検出する(図2)。

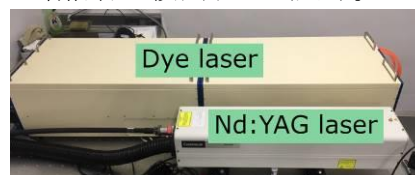


図1 LIF計測で使用するYAGレーザーおよび色素レーザー

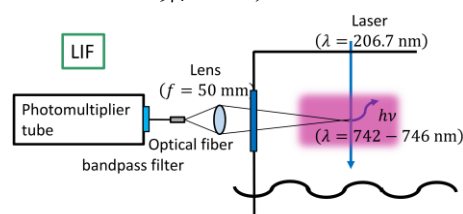


図2 LIF測定系の概略図

講演では3種類の窒素原子密度計測法の実験結果について比較し、計測法の特徴について議論する予定である。

参考文献

- [1] R. Ono, *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **48**, 122302 (2009).
- [2] A. Botchkarev, *et al.*, J. Appl. Phys. **77**, 4455 (1995).
- [3] K. Asaoka, *et al.*, Plasma Fusion Res. **14**, 3401069 (2019).
- [4] S. Takashima, *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. A, **19**, 2 (2001).
- [5] S. Kajita, *et al.*, J. Appl. Phys. **59**, 8 (2020).
- [6] T. Chng *et al.* Plasma Sources Sci. Technol. **29** 035017 (2020).