

トーラス型プラズマ生成装置における窒素原子密度計測 Nitrogen atom density measurement in torus-shaped plasma device

西尾亮佑¹⁾、大野哲靖¹⁾、梶田信²⁾、田中宏彦¹⁾、浅岡晃次¹⁾、堤隆嘉³⁾、堀勝³⁾
NISHIO Ryosuke¹⁾, OHNO Noriyasu¹⁾, KAJITA Shin²⁾, TANAKA Hirohiko¹⁾,
ASAOKA Koji¹⁾, TSUTSUMI Takayoshi³⁾ and HORI Masaru³⁾

¹⁾名大院工、²⁾名大未来研、³⁾名大低温プラズマ科学研

¹⁾Grad. Sch. Eng., Nagoya Univ., ²⁾IMA^{SS}, Nagoya Univ., ³⁾cLPS, Nagoya Univ.

窒化ガリウム (GaN) はバンドギャップが広い
ため、青色発光ダイオードなど様々な用途での
使用が期待されている。GaN結晶を作る方法
として、化学蒸着 (CVD) 技術は成長速度が大
きいためよく使用されてきた。しかし同手法は
多量の水素とアンモニアを用いるため、結晶成
長プロセスが複雑となる。現在はGaN結晶生成
のために、molecular-beam epitaxy (MBE法) が
広く使用されている。MBE法においてGaNの成
長速度は窒素原子密度に依存するため、高窒素
原子密度環境が求められている[1]。しかし窒素
分子のもつ高い結合エネルギーのため、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トーラス
型プラズマ生成装置NAGDIS-Tを使用した。同
装置内では、解離性再結合反応による高密度の
窒素原子生成が期待されている[2, 3]。まず、電
子とN₂の衝突により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。

本研究では、窒素原子密度を真空紫外吸収分
光法 (VUVAS : Vacuum Ultraviolet Absorption
Spectroscopy) [4]およびアクチノメトリー法[5]
を用いて測定した。アクチノメトリー法では窒
素プラズマに少量のアルゴンを導入し、発光線
としてNI 746.8 nm, Ar I 750.4 nm, 811.5 nmを選
択した。図1に放電電流5 A、放電電圧100 – 40 V
においてVUVASとアクチノメトリー法により
計測された窒素原子密度を示す。図1より、
VUVASで計測された窒素原子密度は中性ガス
圧p_nに対して正の相関を示すことが確認された。
全体的にアクチノメトリー法を用いた原子密
度の方がVUVASのものより小さくなる結果も

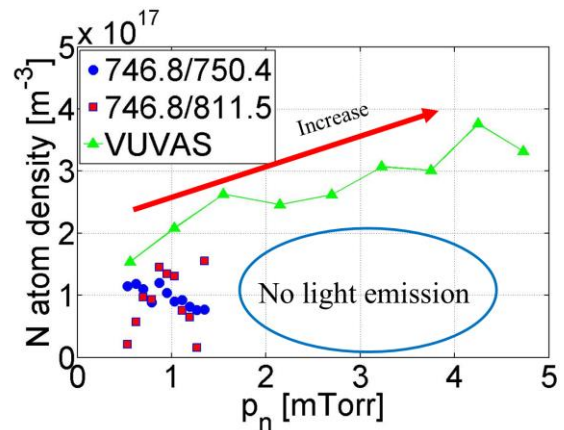


図1 VUVASとアクチノメトリー法で計測され
た窒素原子密度の中性ガス圧依存性

得られた。中性ガス圧依存性の他にも、放電電
流や磁場のピッチ角に対する窒素原子密度依
存性を調査した。

本研究では2種類の方法を用いて窒素原子密
度を計測したが、両者に差がある結果が得られ
た。そのため、今後はレーザー誘起蛍光法
(LIF : Laser Induced Fluorescence) [6]を導入し
て、より正確な窒素原子密度を評価する予定で
ある。

参考文献

- [1] A. Botchkarev, *et al.*, J. Appl. Phys. **77**, 4455 (1995).
- [2] K. Asaoka, *et al.*, Plasma Fusion Res. **14**, 3401069 (2019).
- [3] N. Ohno, Plasma Phys. Controlled Fusion, **59**, 3, 034007 (2017).
- [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] H. M. Katsch, *et al*, J. Appl. Phys., **88**, 6232 (2000).