

高速度カメラを用いた H_{α} , H_{β} 線強度の時空間変化の同時観測に基づく GAMMA 10/PDX ダイバータ模擬プラズマの不純物ガス入射の影響の比較

The effects of impurity gas seeding on GAMMA 10/PDX divertor simulated plasmas by simultaneously observing spatio-temporal changes of H_{α} , H_{β} emissions using a high-speed camera

高橋理志、江角直道、田村香瑛、岡本拓馬、重松直希、瀬戸拓実、高梨宏介、
宮内礼那、東郷訓、平田真史、小波蔵純子、吉川正志、中嶋洋輔、坂本瑞樹

TAKAHASHI Satoshi, EZUMI Naomichi, TAMURA Kae, OKAMOTO Takuma,
SHIGEMATSU Naoki et al.

プラズマ研究センター、筑波大学

Plasma Research Center, University of Tsukuba

はじめに

磁場閉じ込め型の核融合炉では、ダイバータへの熱負荷の低減が重要な課題のひとつであり、これには不純物ガスを入射することで非接触プラズマを形成する方法が有効と考えられている。近年、 H_2 , N_2 ガスを重畳入射した際に、放射による損失だけでなく、比較的高い温度の領域において窒素の原子分子過程を介した分子活性化再結合(N-MAR)により、 H_2 , Ar や Ne を重畳入射した場合に比べ電子密度とイオン粒子束が大きく低減される結果が得られている[1-3]。しかし、非接触プラズマ制御に不可欠なN-MARの時空間的な挙動は十分に理解されていない。そこで、本研究ではGAMMA 10/PDXのダイバータ模擬実験モジュール(D-module)に H_2 , N_2 ガスを重畳入射した際の H_{α} , H_{β} 線ならびに窒素原子、分子の発光線を加えた4波長の発光強度の時空間分布を、四分岐光学系を取り付けた高速度カメラで同時観測を行うことで、ダイバータ領域に形成される非接触プラズマの原子分子過程を含む時空間的挙動を詳細に理解することを目的としている。

実験装置

本研究では、四分岐光学系として、アルバプリズム [4]を取り付けた高速度カメラ(ナック社 ACS-1)を用いた。D-module及び光学系の概要をFig. 1に示す。レンズからアルバプリズムに入射した光は4分割され、それぞれ異なる波長のバンドパスフィルタ、NDフィルタを通りカメラのイメージセンサ上に結像する。この光学系により、プラズマの異なる4波長の発光の時空間分布を同一視野で同時計測することが可能である。

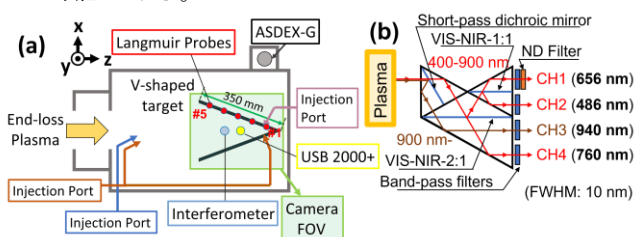


Fig. 1: (a) D-module, (b) Arbaa Prism 光学系の概要

観測結果

本実験の条件では H_{α} , H_{β} 線の強度比は水素による分子活性化再結合(H-MAR)の指標として考えられる[5]。 H_2 - H_2 及び H_2 - N_2 重畳入射時の H_{α} , H_{β} 線の発光強度比 $I(H_{\alpha})/I(H_{\beta})$ の空間分布の例とZ軸上分布の時間発展をFig. 2に示す。水素のみの場合は $I(H_{\alpha})/I(H_{\beta})$ の強い領域がV字ターゲット内にとどまっているのに対して、窒素との重畳入射時には全体的なH-MAR抑制に加え、時間経過により強度比は小さいものの、その領域は上流側に移動していることがわかる。

本発表では、不純物重畳入射時のプラズマの発光分布の時空間変化の過程について、同時に行った他の計測による電子温度や電子密度と比較し詳細に報告する。

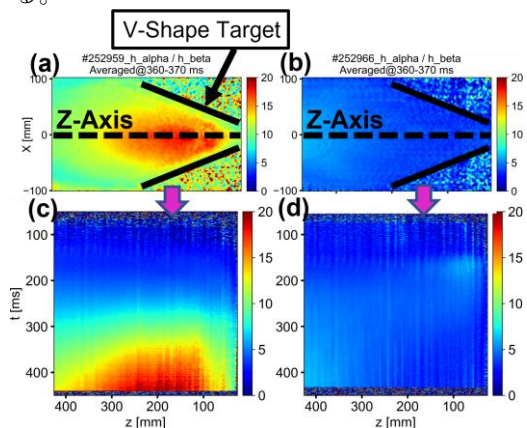


Fig. 2 (a)水素ガスのみ, (b)水素+窒素ガス入射時の
 $I(H_{\alpha})/I(H_{\beta})$ の空間分布
(c), (d): 各々のZ軸上分布の時間発展

株式会社 ナックイメージテクノロジーによる技術的支援に感謝いたします。本研究はJSPS 科研費 19K03790, 22H01198 および自然科学研究機構・核融合科学研究所双方向型共同研究(NIFS19KUGM137, NIFS19KUGM146 and NIFS20KUGM148)の支援のもと実施されました。

- [1] R. Perillo *et al.*, Nuclear Materials and Energy **19** (2019) 87.
- [2] N. Ezumi *et al.*, Nucl. Fusion **59** (2019) 066030.
- [3] H. Gamo, *et al.*, Plasma and Fusion Research **16** (2021) 2402041.
- [4] E. Shoji *et al.*, Exp. Thermal and Fluid Science **60** (2015) 231.
- [5] M. Sakamoto *et al.*, Nuclear Materials and Energy **12** (2017) 1004.