

SPICA-CT入射装置を用いたLHDダイバータ材料のパルス高熱負荷試験 Pulsed High Heat Flux Tests for LHD Divertor Materials Using the SPICA-CT Injector

北川賢伸¹, 佐久間一行¹, 岩本大希¹, 菊池祐介¹, 福本直之¹, 永田正義¹,
高橋俊樹², 増崎貴³, 時谷政行³, 宮澤順一³, 山田弘司³
Yoshinobu KITAGAWA¹, Ikko SAKUMA¹, Daiki IWAMOTO¹,
Yusuke KIKUCHI¹, Naoyuki FUKUMOTO¹, Masayoshi NAGATA¹, *et al.*

兵庫県大工¹, 群馬大工², 核融合研³
Univ. Hyogo¹, Gunma Univ², NIFS³

核融合炉心プラズマにおけるEdge Localized Mode (ELM)不安定性やDisruption現象に伴うパルスの熱粒子負荷によるプラズマ対向材料表面の溶融と溶融層の移動、クラック発生とそれによるダイバータ構造材の破壊、ドロレット発生によるプラズマ中への不純物流入などが危惧されている。ITER運転時に想定されるELM様の間欠的な繰り返し高熱負荷 (ITER-ELMs: 1 Hz, 0.2-2 MJ/m², 0.1-0.2 ms) に対するタングステン(W)・ダイバータ板の健全性の評価や高熱耐性低損耗W材料の開発が緊急の重要課題となっている。現在、電子ビーム等を使ったW損耗量の評価がなされているが、実機では材料表面上の蒸気遮蔽効果(Vapor Shielding Effect)による損耗緩和が予想されており、そのためプラズマを使った損耗評価を相補的にを行い、ELM許容量や寿命予測のデータベースを構築することが必要である。

我々の研究室では、上記の課題に対し1段式磁化同軸プラズマガン (コンデンサー電源の充電電圧と容量: $V_{\max}=10\text{kV}$, $C=2.9\text{ mF}$, 最大ガン電流: $I_g\sim 100\text{ kA}@7\text{kV}$ 半周期: $t=0.2\text{ ms}$) を使ってELM様パルス高熱負荷を模擬する照射実験を行っている。生成される高エネルギー密度プラズモイドのパラメータとして、速度90km/s(重水素換算で $\sim 0.1\text{ keV}$), 密度 $2\times 10^{21}\text{ m}^{-3}$, フラックス $2\times 10^{26}\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ の各値が得られている。また、ELMパルス熱負荷としてITERで予測されている 2 MJ/m^2 を達成しており、ITER仕様Wモノブロックへの照射実験ではク

ラック発生と溶融現象を観測している。我々は上記プラズマガン照射実験と並行して、核融合研内に設置されているSPICA-CT入射装置を用いたパルス高熱負荷模擬実験を開始した。

図1に2段式磁化同軸ガンであるコンパクト・トロイド型磁化プラズモイド生成加速用SPICA 装置 (生成用コンデンサー電源: 電圧 $V_{\max}=20\text{kV}$, 容量 $C=0.2\text{ mF}$, 電流 $I_g\sim 300\text{ kA}$, 加速用 $V_{\max}=40\text{kV}$, $C=0.12\text{ mF}$, $I_g\sim 400\text{ kA}$, 半周期 $t=0.018\text{ ms}$) を示す。

SPICA 装置による照射実験の利点として、以下の点が挙げられる。

1) 40 kV 高速バンクの使用により、高速度 (300 km/s) かつ高密度 ($1\times 10^{22}\text{ m}^{-3}$) のプラズモイド加速が可能であり、1 keV (重水素換算) の高エネルギー粒子による短パルス照射実験が実現できる。

2) 磁化プラズモイドの飛行距離が長いため、ガン生成部と照射ターゲット部までのドリフト距離を長く設計することで、生成部放電の影響が受けにくい。具体的には、ガン電流が直接照射材料への流れ込み、アーク放電による材料損耗を回避することができる。また、電極間 Puffing ガスのターゲットチャンバーへの流入も少ない。さらに、途中の中性化セルで高密度低エネルギー中性粒子束に変換して照射することも検討している。

LHDに実際に設置されている図1のグラフィット仕様及び真空プラズマスプレー法でW被覆したダイバータ板への照射実験を予定している。

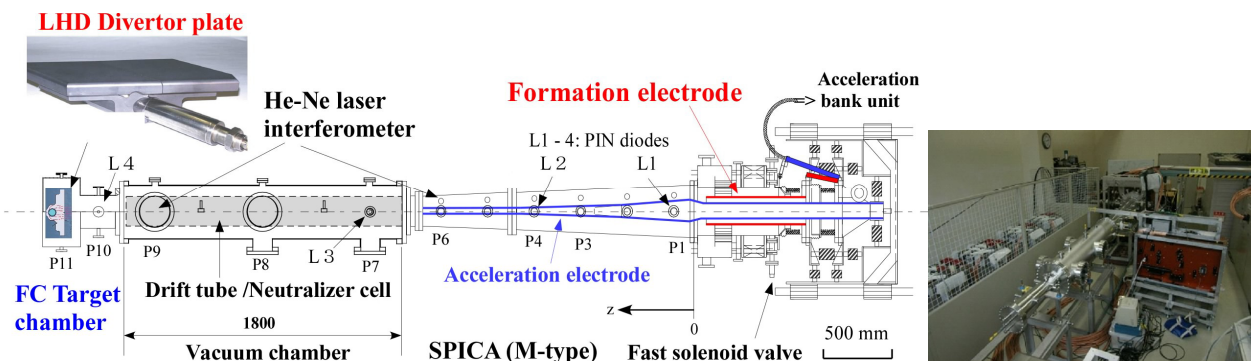


図1 核融合研 SPICA 装置による LHD 用ダイバータ板への ELM 様パルス熱負荷照射実験