

disruption様熱負荷下でのタングステン表面溶融挙動の熱負荷パルス形状依存性

Pulse Shape Dependence of Melting Behavior of Tungsten under Disruption-like Thermal Load

宮本 悠生¹, 伊庭野 健造¹, 本井 大智¹, 松田 勇希¹, 山下 祥平¹, リ ハン テ¹,
帆足 英二¹, 沖田 隆文¹, 上田 良夫¹

Y. Miyamoto¹, K. Imano¹, D. Motoi¹, Y. Matsuda¹, S. Yamashita¹, Lee Heun Tae¹, E. Hoashi,
T. Okita¹, Y. Ueda¹

1)大阪大学大学院工学研究科

1)Gradient School of Engineering Osaka University

1. Introduction

プラズマ壁相互作用では、ELMやdisruptionなどの過渡的な熱負荷によるタングステン(W)の表面溶融が懸念される^[1]。溶融層が不安定状態になると液滴の噴出が起こり、損耗を加速させる^[2]。Wは高融点(3695K)であり、核融合炉を除き、溶融を想定した報告例がほとんどないため、Wの溶融層挙動を調べる必要がある。同じエネルギー密度である、異なるパルス形状の流入熱負荷がピーク表面温度および材料損傷レベルに違いをもたらすことが示唆されている^[3]。

本研究では、disruption様の様々な形状のパルス流入が表面安定化条件に影響を与えるので、Nd:YAGレーザーを用いたパルス形状による表面溶融挙動および、放出される液滴、溶融凝固層について調べた。

2. Experiment

本実験において、パルス波形を任意に設定できるNd:YAGレーザーを用いてWに熱負荷を与えることで溶融させた。波形は全て同エネルギーの三角波3種および矩形波2種である。実験環境は超真空中において、レーザー照射表面を850 nmのLEDストロボライトで照らし、バンドパスフィルタを介することで、W表面の自発光を除去し、高速カメラによる溶融挙動の撮影を行った。

W表面溶融層の輝度を調べ、有限要素シミュレーションによる表面温度と比較した。液滴の収集にはW試料の上方にレーザーを透過する石英ガラス板を設置し、熱負荷によって飛び散る液滴を収集した後、SEMおよびEDSによる観察を行った。溶融凝固層はレーザー顕微鏡を用いて観察し、表面プロファイルを調べた。

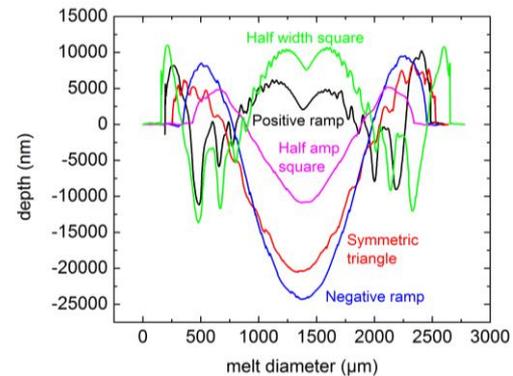


図1.波形形状によるW表面凝固層プロファイル

3. Results and Discussion

Wに5種の同エネルギー波形を照射し、表面の平均輝度を算出した。照射したパルス波形に依存する結果が得られた。シミュレーションで算出した表面温度にも依存することが確認できた。次に収集した液滴をSEM及びEDSで観察したところ、液滴の形は全て球状であることが確認でき、大きさは直径1100μm以下であることが確認できた。溶融凝固層については波形形状によって溶融深さに違いがあることが確認できた。その結果を図1に示す。シミュレーションによる表面温度が高い照射パルスでは表面が盛り上がる形状が確認できた。これは熱負荷によって溶融した表面溶融層の対流が関係していると考察する。

Reference

- [1]G.De Temmerman, J.Daniels, et al, Nucl. Fusion 53 (2013) 023008 (8pp)
- [2]L.N. Vyacheslavov, A.S. Arakcheev, et al, Nuclear Materials and Energy (2017) 1-5.
- [3]J.H. Yu et al 2015 Nucl. Fusion 55 093027