

融点近傍におけるアルミニウムへのパルスプラズマ照射効果 Pulsed-plasma-irradiation effects onto aluminum at temperatures near the melting point

中森貴也¹, 細川直希², 大野哲靖¹, 田中宏彦¹, 梶田信³, 菊池祐介⁴, 秋山毅志⁵
NAKAMORI Takaya¹, HOSOKAWA Naoki², OHNO Noriyasu¹, KAJITA Shin³,
TANAKA Hirohiko¹, KIKUCHI Yusuke⁴, AKIYAMA Tsuyoshi⁵

¹Grad. School of Eng., Nagoya Univ., ²School of Eng., Nagoya Univ.,
³IMaSS, Nagoya Univ., ⁴Grad. School of Eng., Univ. of Hyogo, ⁵NIFS
¹名大院工, ²名大工, ³名大未来研, ⁴兵庫県大院工, ⁵核融合研

1. 研究背景

核融合装置では、ELMなどによる高熱負荷を受けることでダイバータ板に深刻な損耗が引き起こされることが懸念されている。一方で、ダイバータ板表面(第一壁からスパッタされて堆積するベリリウム(Be)など)が熱負荷によって蒸発し、蒸気雲がプラズマと相互作用することで、後続の熱負荷を低減する蒸気遮蔽効果についての研究が進められている[1]。また、ベリリウムなどの低Z材料ではヘリウム(He)に対するエネルギー反射率が高Z材料に比べて高いことから、ダイバータ板の吸収熱負荷・寿命を推定する上では、蒸気遮蔽効果に加えて、エネルギー反射率の違いによる影響を調べる必要がある。蒸発粒子束が大きく、蒸気遮蔽効果が顕著に起こっていると考えられる先行研究[1]に対して、本研究では、材料表面温度が融点に近く、蒸発粒子束が小さい場合の、材料が吸収する熱負荷について調査した。

2. 実験方法

NAGDIS-PG (NAGoya Divertor Simulator with Plasma Gun)を用いて、パルスHeプラズマをダイバータ板模擬試料に照射し、試料背面温度を高時間分解計測した。試料背面からの赤外放射を~10 μsの高速応答が可能なフォトディテクターを用いて検出することで、高時間分解計測を実現している[2]。

Be粉塵が毒性を有するため、本研究では、Be堆積層の模擬として、アルミニウム(Al)をタンゲステン(W)上に被覆した。Al被覆のないW、被覆膜厚が1, 3, 8 μmのAl被覆Wの計4種類を用意した。Wの厚みはいずれも100 μmである。

試料に流入する熱流は、実測した試料背面温度と、一次元熱伝導方程式の計算結果を比較して推定した。今回はAl被覆Wについて、計算領域をAl、Wの2層に分けた計算モデルを用意した。

3. 実験結果

各試料に対してパルスプラズマを10shotずつ照射したときの背面の最高到達温度、流入熱流の平均値

を図1に示す。試料の背面温度は~1250 Kと低く、一次元熱伝導方程式によってAl層表面の温度は~1400 Kと計算されたことから、蒸気遮蔽の効果が先行研究と比べて小さいことが予想される。図1で、Al被覆が厚くなるに従って流入熱流が上昇しているが、これはAlとW表面でのHe粒子に対するエネルギー反射率の違いが影響していると考えられる。同様の効果が、Alよりエネルギー反射率が低いBeについても懸念される。この結果から、ELMが抑制・緩和されている場合には、蒸気遮蔽効果が十分に働かず、Be堆積層がダイバータ板への熱流入をむしろ増加させることが示唆される。講演では、Al層表面の温度が融点を超えない、蒸発の影響を排除した条件での結果についても議論する予定である。

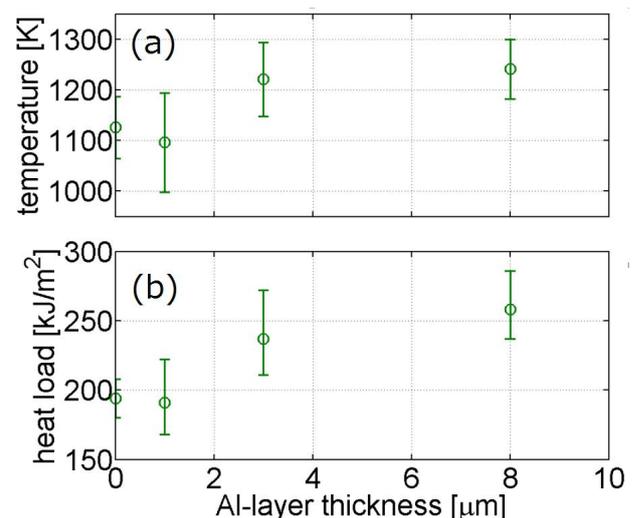


図 1. (a) 試料背面の最高到達温度 (b) 流入熱流

参考文献

- [1] K. Ibane *et al.*, Contrib. Plasma Phys. **58** (2018) 594-601.
[2] D. Sato *et al.*, Nucl. Fusion **57** (2017) 066028.