

ヘリウムプラズマ照射によるタングステンの熱伝導率の減少と核融合炉材への影響

Reduction of thermal conductivity of tungsten by helium plasma irradiation and its influence on the plasma facing components

梶田信¹, 八木貴志², 小林謙一², 時谷政行³, 大野哲靖⁴

Shin Kajita¹, Takashi Yagi², Kenichi Kobayashi², Masayuki Tokitani³, Noriyasu Ohno⁴

名大未来材料¹, 産総研², 核融合研³, 名大院工⁴

IMaSS, Nagoya Univ.¹, AIST², NIFS³, Grad. Eng., Nagoya Univ.⁴

ITERやDEMOを含む核融合実験炉においては、ダイバータ板にはタングステン(W)が用いられる予定であるが、W表面にヘリウムプラズマ照射が照射されると繊維状のナノ構造が形成されることが分かっている[1]。ナノ構造が形成された場合、Edge localized mode (ELM)等に伴う間歇的熱負荷により、Wが激しく損耗する可能性があり、その理解と制御には、ナノ構造層の熱特性の理解が重要となる。本研究では、パルス光加熱サーモリフレクタンス法により、ヘリウムプラズマが照射されたタングステンの熱伝導率の計測を行った。

ガラス基板上におよそ1 μm のWの薄膜を形成した試料を、直線型装置NAGDIS-IIにおいてヘリウムプラズマに晒し、ナノ構造W試料を作成した。断面観察の結果から、厚みが $\sim 3.6 \mu\text{m}$ の繊維状のナノ構造W層が形成されていることが分かった。

Figure 1(a)に示すように、ナノ構造の形成された表面からパルスレーザーを用いて加熱を行い、裏面からもう一台のパルスレーザーを用いてその反射率の変化から温度変化を計測し(FRモード)、その時間発展から熱伝導率を評価した。Figure 1(b)は、規格化したサーモリフレクタンス信号の時間発展である。時間と共に、温度が徐々に増加し、2 μs 程度で飽和していることが分かる。熱伝導率は、面積熱拡散時間法[2]を用いて評価した。この手法では、Figure 1(b)の挿入図にあるように、規格化したサーモリフレクタンス信号の面積Aから、未知の熱物性を算出することができる。Figure 1(b)の信号から、 $A=7.0 \times 10^{-7} \text{ s}$ と求められ、そこから、熱伝導率 $1.5 (-0.6, +0.7) \text{ W/mK}$ 、熱拡散率 $9.2 (-3.5, +4.2) \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ という値を得た。

以前の裏面加熱、裏面計測(RRモード)の結果においては[3]、熱拡散率と熱伝導率はそれぞれ

れ、 $1.9 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ 、 3.1 W/mK と求められており、今回のFRにおいては、RRに比べ、50%以下の値が得られた。これは、ナノ層内のW密度が先端部で低くなっていることに起因すると考えられる。今回得られた値は、繊維状ナノ構造タングステン層の実際の平均熱伝導率に相当すると考えられ、ヘリウムプラズマ照射により、ナノ構造化が起こると熱伝導率が1%以下になることが明らかになった。

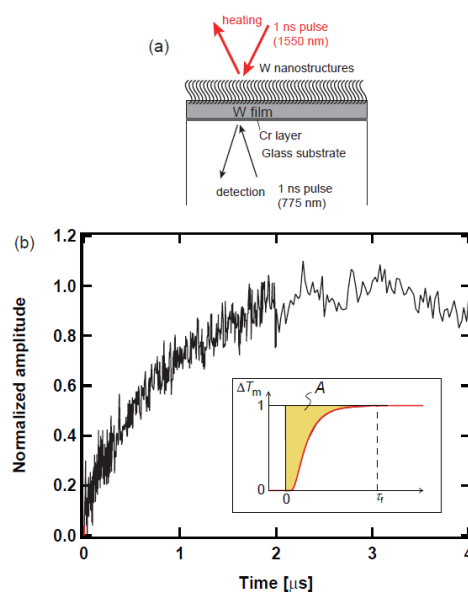


Figure 1: (a) A schematic of the measurement configuration and (b) temporal evolutions of the normalized thermoreflectance signal.

参考文献

- [1] S. Takamura, *et al.*, Plasma Fusion Res. 1 (2006) 051.
- [2] T. Baba: Japanese Journal of Applied Physics 48 (2009) 05EB04.
- [3] S. Kajita, T. Yagi, K. Kobayashi, M. Tokitani and N. Ohno: Japanese Journal of Applied Physics 55 (2016) 056203.