

HIFR RB-19J キャプセルにより中性子照射を行った タングステン材料の熱拡散率評価

Thermal diffusivity estimation of tungsten materials neutron irradiated in HFIR RB-19J capsule.

*秋吉 優史¹, Lauren M. Garrison², Josina Wilna Geringer², Hsin Wang², 加藤 雄大²

¹大阪府大量子放射線系専攻, ²Oak Ridge National Lab.

Gd による熱中性子シールドを施した HFIR 19J キャプセルに於いて照射を行ったタングステン試料について熱拡散率測定を行った。核変換 Re による熱伝導率低下は極めて限定的であることが確認された。

キーワード: 核融合炉ダイバータ材料、タングステン、熱拡散率、照射影響、核変換、格子欠陥

1. 背景と目的

核融合炉ダイバータ候補材としてタングステン材料が検討されているが、W が核変換することで生じる Re により熱拡散率に大きな影響を及ぼす事が知られている。核分裂実験炉での熱中性子による過剰な核変換を抑制し、核融合炉での条件に近い核変換速度を実現するために、日米科学技術協力事業核融合分野の PHENIX プロジェクトに於いて、Gd による熱中性子シールドを施した照射が行われた。照射後の熱拡散率測定により照射損傷によるフォノン伝導の低下とあわせてその影響を評価した。

2. 実験方法

試料は Pure W thick plate (Stress relieved, A.L.M.T.) 及び K-doped W-3%Re (A.L.M.T.) の $\phi 6\text{mm} \times t2\text{mm}$ の標準サイズに近い大きさの円板試料で、平面に対して結晶粒配向方向が平行の物と垂直の物をそれぞれ用いた。照射は ORNL の HIFR RB-19J キャプセルを用いて 532~662°C の範囲で 0.2dpa 程度まで行った。照射後の熱拡散率測定は ORNL の LAMDA 実験室内に設置された LFA-457 を用いて照射温度以下である 100°C~500°C の範囲で測定し、電子伝導成分を考慮して $\alpha = a/T^n + c$ 関数を用いてフィッティングを行った。さらに、500°C までの測定後に一旦室温に戻した後に LFA-467HT を用いて 600°C までの測定を行い温度依存性を評価すると共に、600°C においては 2 試料に対して 30shot ずつの測定を行うことで、1 時間の等温アニール試験を行った。さらに再度室温まで戻してからより高い温度までの測定を行うことを繰り返すことで、等時アニール試験を行った。

3. 結果

測定結果を図 1 に示す。照射後の試料はいずれも室温付近では照射前と比べて明確な熱拡散率低下を示しているが 500°C 程度で漸近している。これは高温でフォノン伝導の寄与が十分小さくなった場合電子伝導が支配的になるが、Re による電子伝導の低下は余り見られていないことを意味している。一方で未照射の Pure W 試料と 3%Re 添加試料とは明らかに異なる値を示しており、核変換による Re の生成量は非常に限定的で Gd シールドの効果が確認されたと考えられる。なお、K-doped W-3%Re 試料は、結晶粒配向方向で差が見られるが、これが組織による本質的な物なのか、照射温度などの差による物なのかは判断できていない。アニール試験は現在垂直配向の試料についてのみ、800°C まで完了している(図 2)が、これまでのところ回復は見られていない。より高温での測定に於いて測定信号にノイズが乗るという技術的問題点が明らかになっており、現在その対策中である。

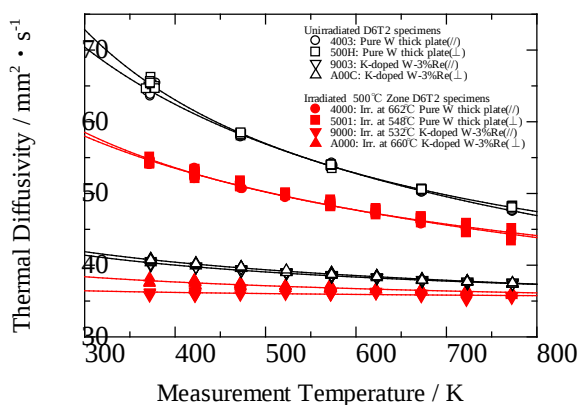


図 1. 照射前後のタングステン材料熱拡散率の温度依存性

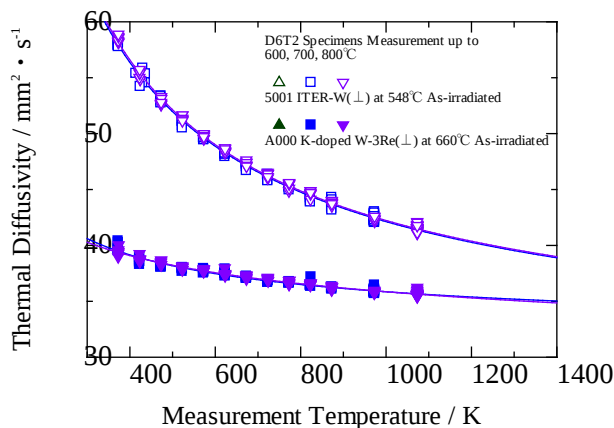


図 2. 照射後タングステン試料に対する等時アニールに伴う回復挙動評価

*Masafumi Akiyoshi¹ (akiyoshi@riast.osakafu-u.ac.jp), Lauren M. Garrison², Josina Wilna Geringer², Hsin Wang², Yutai Katoh²

¹Graduated School of Engineering, Osaka Prefecture University, ²Oak Ridge National Lab