

ナノインデンテーション法によるタングステン材料の照射硬化評価 Evaluation of irradiation hardening of tungsten materials by nanoindentation techniques

大泉周平¹、宮澤健¹、野上修平¹、長谷川晃¹、安堂正己²、谷川博康²
OIZUMI Shuhei¹, MIYAZAWA Takeshi¹, NOGAMI Shuhei¹, HASEGAWA Akira¹,
ANDO Masami², TANIGAWA Hiroyasu²

1 東北大・工、2 量研機構
1 Tohoku Univ., 2 QST

1. 緒言

核融合炉プラズマ対向機器の候補材であるタングステン(W)は、核融合中性子照射によるはじき出し損傷によって照射欠陥が生成し、照射硬化が引き起こされる。核融合原型炉にて想定される中性子重照射環境を模擬するために加速器を用いたイオン照射実験が実施されており、損傷領域表面における照射硬化が評価されてきた。イオン照射による損傷領域は表面数 μm に限定されること、且つ損傷勾配を有することから、イオンを用いた照射硬化の評価にはまだ課題がある。本研究では、飛程が異なるプロトンと自己イオンをそれぞれ照射した W 材料に対してナノインデンテーション硬さ試験を実施することで、表面近傍に限定された損傷領域の照射硬化量の評価について検討する。

2. 実験

供試材はA.L.M.T.社によって粉末焼結、熱間圧延にて製造された純W及びW-3%Re合金の板材を用いた。900°C×20分の応力除去熱処理した後、再結晶を目的として1500°C×1時間の熱処理を施したものを照射試料とした。プロトン照射実験には東北大学のダイナミトロン加速器によって1MeVのH⁺イオンを用いた。自己イオン照射実験には量子科学技術研究開発機構高崎研のタンデム加速器によって18MeVのW⁶⁺イオンを用いた。照射温度は共に約800°Cとした。SRIM計算により、損傷ピークの半分の深さにおけるはじき出し損傷量を公称値として、損傷量を1dpaになるように統一した。ナノインデンテーション硬さ試験は京都大学のG200を用いて連続剛性測定法で試験を行った。

3. 結果・考察

ナノインデンテーション試験で得られた純Wの硬さの押し込み深さ分布を図1に示す。プロトン照射材、自己イオン照射材共に照射硬化が確認され、自己イオン照射材の方が硬化量は大き

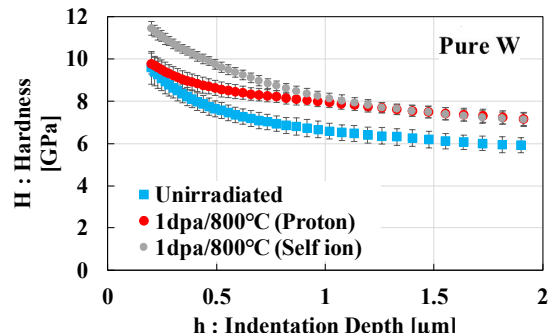


図1. ナノインデンテーション硬さの押し込み深さ分布

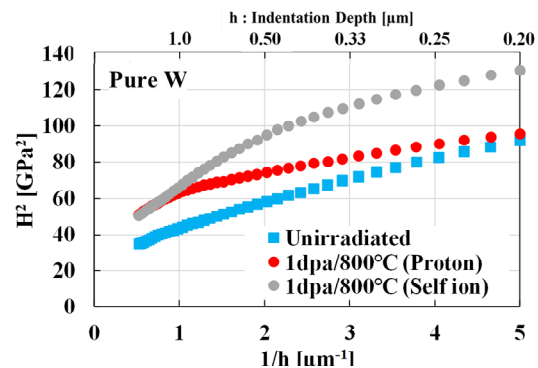


図2. Nix-Gaoプロットによる硬さの押し込み深さ分布

い傾向がある。図2は図1にNix-Gaoモデル^[1]を適用した H^2-1/h プロットである。非照射材のデータの傾向は直線性を示し、プロトン照射材と自己イオン照射材のデータの傾向は表面近傍では直線性を示したが、ある領域から傾きが変化した。プロトン照射材では0.2 μm ～約1 μm での直線が損傷領域の硬さを示し、自己イオン照射材では0.2 μm ～約0.5 μm での直線が損傷領域の硬さを示している。それより深い領域では圧子の押し込みによる変形領域が非照射領域にまで及んでいると考えられる。W-3%Reにおいては H^2-1/h プロットへの深さ依存性については同様な傾向が見られたが、照射硬化量は減少している傾向が示唆された。

4. 参考文献

[1] W. D. Nix et al, Journal of the Mechanics and Physics of Solids, 46, (1998), pp411-425