

ヘリウムプラズマ照射によるナノ構造形成の金属種依存性 Metal Species Dependence of Nanostructure Formation Induced by Helium Plasma Irradiation

野嶋智宏¹, 梶田信², 吉田直亮³, 山本悠太², 大野哲靖¹, 田中宏彦¹,
時谷政行⁴, 永田大介⁴, 八木貴志⁵
T. Nojima¹, S. Kajita², N. Yoshida³, Y. Yamamoto², N. Ohno¹, H. Tanaka¹,
M. Tokitani⁴, D. Nagata⁴, T. Yagi⁵

¹名大院工, ²名大未来研, ³九大応力研, ⁴核融合研, ⁵産総研

¹Grad. Sch. Eng., Nagoya Univ., ²IMaSS., Nagoya Univ., ³RIAM., Kyushu Univ., ⁴NIFS., ⁵AIST

核融合発電のための材料研究において、ヘリウムプラズマ照射がもたらす金属表面の多様な構造変化とその発現条件が調べられてきた。特に繊維状ナノ構造はヘリウムプラズマ照射特有の現象として注目されており、材料内部でのヘリウム原子の挙動や物性値の観点からその形成機構の解明のための研究が行われている。その中で、材料の硬さの指標である剛性率と繊維状ナノ構造形成の関連が指摘されており、本研究において剛性率の異なる様々な金属に対してプラズマ照射を行なった。

ヘリウムプラズマ照射は、直線型プラズマ発生装置NAGDIS-IIの内部に試料を挿入することにより実現した(図1)。照射後には、走査型電子顕微鏡(SEM), 透過型電子顕微鏡(TEM)・エネルギー分散型X線分光(EDS)などで表面観察・元素分析を行なった。金属材料には銅、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、レニウム、イリジウム、金、ハフニウム、ジルコニウム、コバルトなどを用いており、入射イオンエネルギーは試料バイアスにより調節した。

本実験の結果、ルテニウム、ロジウム、レニウム、イリジウムなどの剛性率の高い材料上では繊維状ナノ構造の形成を確認した^[1]。特に六方最密構造をとるレニウムとルテニウムではより直線的な繊維の形成(図2)が見られた。

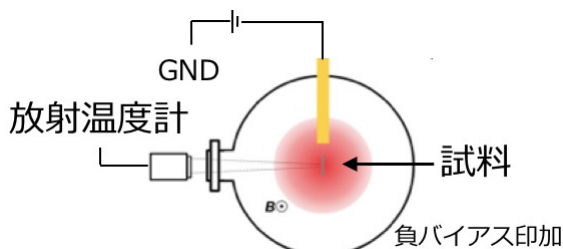


図1 NAGDIS-II 実験概略図(断面)

またロジウム薄膜(厚み $\sim 1 \mu\text{m}$)への高温度での照射において、基板に用いたタングステンが表面に拡散し、表面構造形成を支配するという現象も見られた。その他の材料では繊維状ナノ構造の形成は見られなかったが、剛性率の低い材料の多くでコーン状構造の形成が見られた(図3)。

過去の研究結果と、本実験で得られた表面構造変化を剛性率に着目して区分すると、剛性率100 GPa以上の材料上では繊維状ナノ構造が形成しやすく、50-100 GPaでは高いヘリウム照射量で繊維状ナノ構造が形成され、50 GPa以下では繊維状構造の形成が見られないという傾向が見られた。このことから、繊維状構造の形成において剛性率が重要な物性値であることが示唆された。

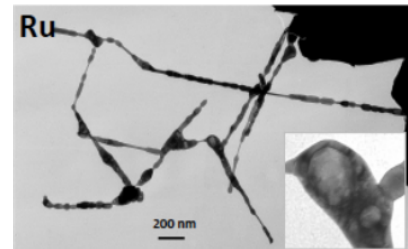


図2 ルテニウムの直線状構造(入射イオンエネルギー:45 eV, 試料温度:1193 K, 照射量: $2.4 \times 10^{25} \text{ m}^{-2}$)

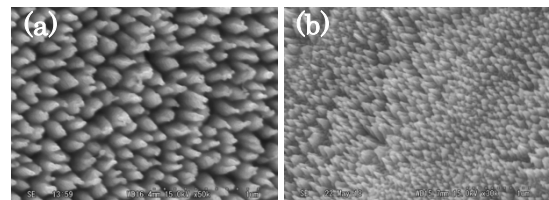


図3 (a) 銀(入射イオンエネルギー:45 eV, 試料温度:550 K 照射量: $1.0 \times 10^{26} \text{ m}^{-2}$) と (b) コバルト(入射イオンエネルギー:55 eV, 試料温度:867 K 照射量: $7.0 \times 10^{25} \text{ m}^{-2}$) コーン状構造

[1] T. Nojima *et al.*, Plasma Fusion Res., **13** (2018) 3406065.