

**Fiber-Form Nanostructure Formation on Tungsten Surface by Sub-  
Atmospheric Pressure Helium Arc Discharge Irradiation**

多司馬 光夫<sup>1</sup>, 菊池 祐介<sup>1</sup>, 青田 達也<sup>2</sup>, 前中 志郎<sup>2</sup>, 藤田 和宣<sup>2</sup>, 高村 秀一<sup>2</sup>  
TAJIMA Mitsuo<sup>1</sup>, KIKUCHI Yusuke<sup>1</sup>, AOTA Tatsuya<sup>2</sup>, FUJITA Kazunori<sup>2</sup>,  
TAKAMURA Shuichi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>兵庫県立大, <sup>2</sup>(株)ユメックス

<sup>1</sup>Univ. of Hyogo, <sup>2</sup>Yumex Inc.

**1. はじめに**

ヘリウム (He) プラズマを照射することで、タングステン (W) をはじめとする金属表面に繊維状ナノ構造が形成されることが見出された[1]。我々は繊維状ナノ構造の産業応用を見据え、簡易的な準大気圧Heアーク放電装置による繊維状ナノ構造形成に取り組んでいる。実験ではW表面への入射Heイオンエネルギー $E_i$ を制御するため、試料-容器壁間に負のバイアス電圧 $V_b$ を印加したところ、 $V_b = -22$  VではW表面に大きな変化はなく、 $V_b = -112$  Vにて繊維状ナノ構造形成に成功した[2]。本研究では $V_b$ を詳細に変化させて、繊維状ナノ構造形成に与える影響を調査した。

**2. 実験方法・結果**

本実験では真空容器内に設置したW電極間に直流Heアーク放電(放電電圧, 電流: 39 V, 34 A)を発生させた。Heガス流量とガス圧力はそれぞれ1 L/min, 5 kPaである。本実験では水冷銅ブロックに接続された短冊状のW試料(10 mm × 15 mm × 2 mm)をHeアーク内に挿入し、Heアーク放電を2時間照射した。この時の試料温度は約1000°C, イオンフラックスは $6.4 \times 10^{22} \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ であった。図1にそれぞれの $V_b$ におけるW試料表面のFE-SEM写真を示す。 $V_b = -52$  Vにおいて繊維状ナノ構造が形成されていることが分かる。これまでに、 $V_b = -112$  Vにて、炭素のスパッタリング率を説明する単色の $E_i$ として、40 ~ 50 eVと求めている[2]。 $V_b = -52$  Vにて、 $E_i > 20$  eV(繊維状ナノ構造形成閾値)を有するHeイオンがWに照射されていると考えられる。また、 $V_b$ が増加すると、W繊維の直径が細くなる様子が分かる。これまでに、Heイオン照射によるWのスパッタリング閾値( $E_s \sim 150$  eV)より低い $E_i$ の条件では、 $E_i$ が高いほうが繊維状ナノ構造の成長速度が速いことが知られている[1]。また、繊維状ナノ構造層の厚さが厚いほど表面のW繊

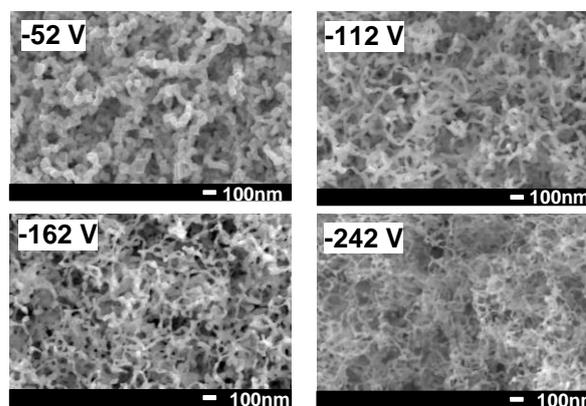


図1 W表面に形成された繊維状ナノ構造のFE-SEM写真(試料バイアス電圧 $V_b = -52 \sim -242$  V)

維が細くなることが明らかにされている[3]。本実験においても $V_b$ の増加とともに、短時間のプラズマ照射にて黒色化が生じており、繊維状ナノ構造層の厚さが増していると考えられる。一方、 $V_b = -162, -242$  Vでは、 $E_i > E_s$ を有するHeイオンもある割合で照射されていると考えられ、W繊維の構造や成長に影響している可能性も考えられる。

**3. まとめ**

準大気圧Heアーク放電照射による繊維状ナノ構造形成において、 $V_b$ の増大とともに表面のW繊維が細くなることが分かった。また、繊維状ナノ構造の成長速度が $V_b$ の上昇で速くなっている可能性があり、各 $V_b$ における繊維状ナノ構造層の厚さや照射時間依存性を調査する必要がある。

**参考文献**

- [1] 高村, プラズマ・核融合学会誌, Vol. 94, No. 6, pp. 300-305 (2018).
- [2] Y. Kikuchi et al., J. Appl. Phys., Vol. 131, 123301 (2022).
- [3] S. Feng et al., Plasma Fusion Res., Vol. 16, 1206098 (2021).