

## ヘリウムプラズマ照射によるバナジウム薄膜表面の繊維状ナノ構造形成

Fibrous nanostructure formation on vanadium thin film surface by helium plasma irradiation

江田智樹<sup>1)</sup>、梶田信<sup>2)</sup>、大野哲靖<sup>1)</sup>、田中宏彦<sup>1)</sup>

Eda Tomoki<sup>1)</sup>, Kajita Shin<sup>2)</sup>, Ohno Noriyasu<sup>1)</sup>, Tanaka Hirohiko<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>名大院工, <sup>2)</sup>名大未来研

<sup>1)</sup>Grad. Sch. Eng., Nagoya Univ., <sup>2)</sup>IMaSS, Nagoya Univ.

### 1. 研究背景

酸化バナジウムは比較的小さなバンドギャップ (2.2-2.8 eV) を持つ半導体材料であり、可視光照射下で水分解により水素を生成する光触媒として有力視されている<sup>[1]</sup>。また、He プラズマを金属材料に照射するとファズと呼ばれる繊維状のナノ構造が形成され<sup>[2]</sup>、表面積の増大、光学吸収率の増加、バンドギャップの拡大などにより、光触媒活性を向上させると考えられている<sup>[3]</sup>。先行研究ではバナジウムのバルク材にファズを形成すると、水素生成能力が向上したという報告もされている<sup>[4]</sup>。一方、水分解の用途では電極のコスト低減や集積のため、バルク材料ではなく薄膜が使用されていることから、薄膜試料にナノ構造を形成し、光触媒活性を評価する必要がある。本研究では、ガラス基板上的バナジウム薄膜にヘリウムプラズマを照射し、ファズが形成される適切な He プラズマ照射条件を特定した。

### 2. 実験方法

バナジウム薄膜の成膜には、小型材料プラズマ照射装置Co-NAGDISを使用した。Arプラズマを用いたスパッタリング法によりバナジウム薄膜を石英基板 (10 × 10 mm<sup>2</sup>) 上に堆積させた。Heプラズマ照射によるナノ構造形成には直線型プラズマ模擬実験装置NAGDIS-IIを用いた。試料温度  $T$  (薄膜中心部) と入射イオンエネルギー  $E_i$  を変化させ、バナジウム薄膜表面に様々な形態のナノ構造を形成した。プラズマ照射後に酸化処理を行い、X線光電子分光法 (XPS)、X線回折法 (XRD) を用いて、ナノ構造化酸化バナジウム

試料の特性評価を行った。

### 3. 実験結果

本研究で得られた典型的なバナジウムファズを図1(a)に示す。厚さ200 nmの薄膜上に、太さ数十nmのファズが形成された。図1(b)は、照射時の試料温度を図1(a)よりも100 K上昇させた試料であるが、アニーリング効果によりファズが収縮し径の太くなった構造が見られた。さらに、試料の面内では構造の不均一性が確認された。赤外線カメラを用いて試料表面の温度を評価すると、非一様な試料温度分布に対応して構造が形成されていることが明らかとなった。

また、XPSの結果から、ナノ構造形成後に酸化させた試料からは酸素欠陥の存在が明らかになった。酸素欠陥が生成すると、バンド構造の変化により酸化バナジウムの可視光応答性の向上が期待される。

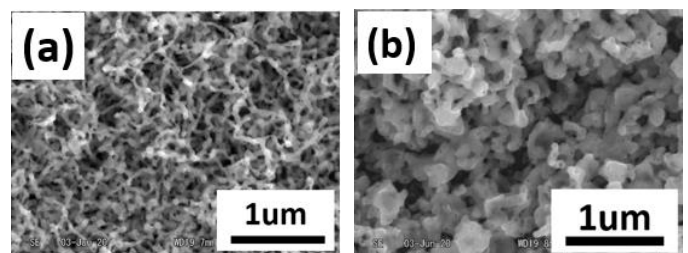


図1 (a)  $T \sim 970$  K,  $E_i \sim 71$  eV, (b)  $T \sim 1070$  K,  $E_i \sim 70$  eVにおけるヘリウムプラズマ照射後のバナジウム薄膜中心部の表面構造

### 参考文献

- [1] T. Puangpetch, *et al.*, Powder Technol., **208**, 27-41 (2011)
- [2] S. Kajita *et al.*, Nucl. Fusion, **49**, 095005 (2009)
- [3] T. Yoshida., J. Plasma Fusion Res., **94**, 311-314 (2018)
- [4] S. Kajita, *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys., **51**, 215201 (2018)