



プラズマ照射による綿毛状金属酸化物の光触媒応用

東京大学 梶田信

材料表面に高エネルギーの粒子を照射すると様々な表面構造変化を起こすが、その中でも金属とヘリウムイオンとの相互作用は特異である。エネルギーが数十 eV という低いエネルギーで入射された原子は金属中で安定的に存在し、ナノバブルを形成する。そのナノバブルの圧力で表面を歪ませ、凹凸を形成し、ある条件を満たすと図 1 のようなファズと呼ばれる綿毛状の繊維状ナノ構造が形成される。すでに 15 種類ほどの金属でこのファズ化が確認されている。

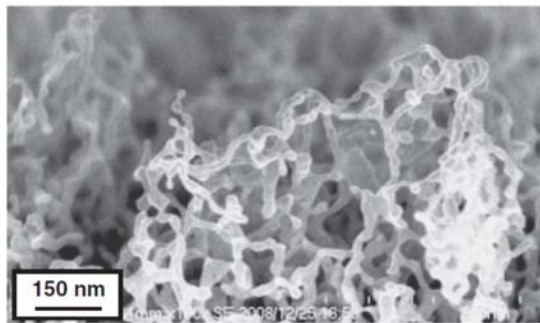


図 1 ヘリウム照射によりファズ化したタングステンの電子顕微鏡像^[1]。(Copyright (2011) The Japan Society of Applied Physics)

表面積の増大や光吸収率の増加などの観点から光触媒活性向上の手法として使えるのではないかと考え、大阪市大の吉田朋子教授とご一緒に、メチレンブルーの反応を用いて、光触媒活性を調査してきた。近赤外光に反応すること、反応が進むには W と WO₃ の界面が重要であることが理解されてくると同時に、S K-edge XANES により分解が実際に起こっていることが確かめられた。詳しくは、プラズマ・核融合学会の小特集記事にまとめられている^[2]。

その後、東正信特任准教授、またオランダ DIFFER 研究所の Anja Bieberle-Hütter

博士にもご指導をいただきながら、光電気化学実験を進めてきた。ファズ化したタングステン材料を、電気炉を用いて焼成し、3 電極 PEC セルを用いて PEC 性能を調べた^[3]。対極には白金線 (太さ 1 mm)、参照電極には Ag/AgCl/Sat. KCl 電極、0.5M H₂SO₄ (pH ~0.3) を溶液として使用した。

図 2 は、ヘリウムプラズマ照射時間が異なる WO₃ 電極の光電流測定の結果である。ナノ構造体の形成が PEC の性能を向上していることが分かる。ヘリウムプラズマを照射した試料の中では、プラズマ照射時間 15 分の試料が最も高い光電流密度を示した。照射時間を 15 分から 30 分に増加させると、光電流密度は 50%以上減少した。これは、ファズ層が厚すぎると、拡散経路の長くなりすぎ、電子-正孔対の再結合が促進されていることに起因していると考えられる。外部量子効率 (IPCE) スペクトルを計測したところ、300 nm から 450 nm の間で光応答性を示し、最大効率は 355 nm で 53%に達した。

さらなる活性の向上や安定性の改善が必要ではあるが、ヘリウムプラズマ照射による表面改質が光触媒材料の新たな創成法となることを期待している。

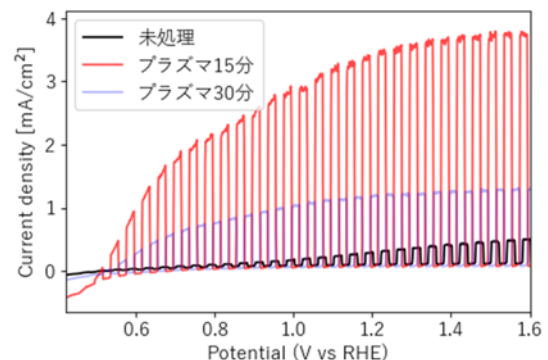


図 2 光電流密度-印加電位曲線。プラズマ照射を 15 分した材料で、最も高い光電流が得られた^[3]。

- [1] *Jpn. J. Appl. Phys.* 50 (2011) 08JG01.
- [2] *J. Plasma Fusion Res.* 94 (2018) 311-314.
- [3] *Applied Surface Sci.* 580 (2022) 151979.