

エピタキシャル VO₂ 薄膜における Pt 触媒水素ドーピングによる巨大抵抗変調 Huge resistance modulation in epitaxial VO₂ thin films by Pt catalytic proton doping

Keita Muraoka,^a Teruo Kanki,^{a,b*} Hidekazu Tanaka,^{a,b*}

a: ISIR, Osaka Univ. Japan b: CSRN, Osaka Univ., Japan

Email: muraoka77@sanken.osaka-u.ac.jp

二酸化バナジウム(VO₂)は室温近傍で金属-絶縁体転移(MIT)を引き起こす強相関電子系材料である。VO₂への不純物ドーピングは電気輸送特性と MIT 温度を劇的に変化させるため、基礎物性、及び応用両面での研究が盛んである。特に湿度雰囲気下でゲートバイアス印加による電気化学水素ドーピングは、アナログ的な抵抗減少を示し、動的な多値抵抗制御の新たな応用手法として示してきた⁽¹⁾。また、近年、Pt ナノ粒子を用いて高ドーピングに水素化された VO₂は、モノクリニック VO₂とは結晶構造が異なる絶縁化 HVO₂ となることが実験的に発見された⁽²⁾。低ドーピングでの VO₂の金属化、高ドーピングでの絶縁化の機構は明らかになっておらず、VO₂から HVO₂への構造変化を伴った H⁺の拡散速度、拡散長、及び結晶粒界による影響も未解明である。本研究では、TiO₂(001)基板上のエピタキシャル単結晶 VO₂ 薄膜と Al₂O₃(0001)基板上の面内多結晶 VO₂ 薄膜において Pt 触媒電極間の距離 (μm 間隔) を変化させ水素化による抵抗変調を計測することにより、薄膜構造および拡散距離の影響を明らかにすることを試みた。

Fig.1 は 380K において、H₂(5%)+Ar(95%)雰囲気中で抵抗変化が飽和するまで水素化した VO₂ 薄膜の電気抵抗の温度依存性を示す。Al₂O₃(0001)基板上の VO₂ 薄膜においては、10μm ギャップ試料において、これまで通常 VO₂ において報告されてきた絶縁相が金属化する様子⁽²⁾が観測されるのに対し、2μm ギャップ試料においては全温度領域で絶縁化することが見出された。TiO₂(001)基板上の VO₂ 薄膜においては、10μm および 2μm ギャップ試料双方において全温度領域で絶縁化し、特に 2μm ギャップ試料において 3 桁近い抵抗上昇が観測された。単結晶状のエピタキシャル VO₂ 薄膜においては、数十 μm の領域に渡って高濃度にプロトンがドーピングされ絶縁化をもたらすことを見出した。Fig.2 に、水素ドーピングによる抵抗変調の時間依存性を示す。VO₂/TiO₂(001)と VO₂/Al₂O₃(0001)に比較においては、面内多結晶 VO₂ 薄膜に比して、単結晶 VO₂ 薄膜の方が、抵抗変調速度は速く、その変化率も大きい。また電極間距離が短いものほど、その速度および変化率は大きい。これらの結果より TiO₂(001)基板上の単結晶 VO₂ 薄膜においては、H⁺の拡散速度、拡散長が大きく効率的に HVO₂ が形成され大きな上昇がもたらされることが示唆される。本発表では、結晶化度、拡散長・拡散係数の議論と併せた解析結果を報告する。

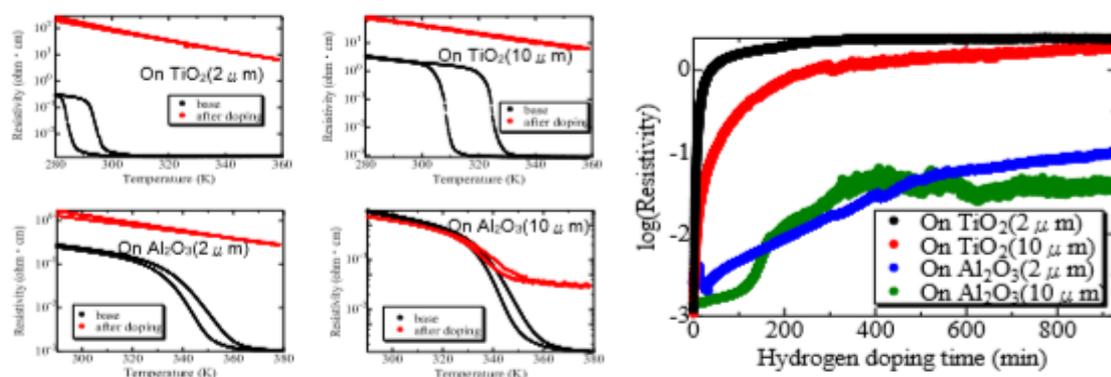


Fig. 1: Temperature dependence of resistivity before and after hydrogen doping. Fig. 2: Hydrogen doping time dependence of resistivity.

References:

- (1) T. Sasaki *et al.*, Sci. Rep. **5**, 17080 (2015)
- (2) H. Yoon *et al.*, Nat. Mat. **11**, 1113 (2016)