

VO₂/W:VO₂ ヘテロ構造を用いた金属絶縁体転移の非局所性の評価

Evaluation of Non-Locality in Metal-to-Insulator Transition

Using VO₂/W:VO₂ Heterostructures

東大院工 ○矢嶋 赳彬, 西村 知紀, 鳥海 明

Univ. of Tokyo, ○Takeaki Yajima, Tomonori Nishimura, and Akira Toriumi

E-mail: yajima@adam.t.u-tokyo.ac.jp

遷移金属酸化物が示す金属絶縁体転移は、相互作用する電子や格子の集団現象であるため、非局所的なコヒーレンスを持つ。これは欠陥や熱揺らぎの効果を平均化することで安定なデバイス動作を実現したり、局所的な電界効果を構造全体へと伝えるようなデバイスの非局所動作を可能にすると期待できる。これまで金属絶縁体転移の非局所性は、金属相と絶縁相の共存状態におけるドメイン構造を観察することで調べられてきたが、シミュレーションとの比較から格子弾性や電子コヒーレンスの影響を指摘するような間接的な手法にとどまっている[1,2]。そこではドメイン構造がナノスケールで形成されるため、それと同等の長さスケールで構造を制御することが困難であったという事情がある。しかし、もし薄膜の面直方向にドメイン構造を形成できれば、同じくナノスケールである薄膜ヘテロ構造の厚みを制御することによって、より直接的なアプローチが可能だと考えられる。本研究では、典型的な金属絶縁体転移物質である VO₂ と僅かに W をドーピングした W_{0.01}V_{0.99}O₂ (W:VO₂) とのヘテロ構造を作製することで、薄膜面直方向に人工的な金属相と絶縁相のドメイン構造を形成し、金属絶縁体転移の非局所性を定量的に評価・モデル化した。

VO₂ と W:VO₂ 薄膜はパルスレーザー堆積法によって TiO₂(001)基板上にエピタキシャルに堆積した。二次イオン質量分析法から VO₂ 中への W の拡散 (>0.1%) は 3 単位格子 (uc) 以下 (~1 nm 以下) であることが分かっている。Fig. 1(a)に示すように、VO₂ と W:VO₂ はそれぞれ 292 K、261 K 近傍に金属絶縁体転移温度 (T_{MIT}) を持つ。一方 VO₂ (10 uc) / W:VO₂ (10 uc) ヘテロ構造では、各層が個別に転移するのではなく、中間の 281 K 近傍で二つの層が一斉に転移することが分かった。さらにヘテロ構造の各層の厚みを詳細に変化させて T_{MIT} を評価したところ、各層が厚い時には VO₂ と W:VO₂ が個別に転移するが、薄くなるにつれて上で観察されたような一斉転移へと切り替わった (Fig. 1(b))。この個別転移から一斉転移へ切り替わる際の各層の厚みの逆数には線形な関係があり (Fig. 1(c))、モデル計算の結果と一致する。まとめると、VO₂ の金属絶縁体転移における薄膜面直方向の非局所性は、相界面からの距離に反比例した T_{MIT} の変化として現れ、相界面両側の T_{MIT} が一致したところで相界面が消失し一斉転移が引き起こされることが分かった。本研究は STARC との共同研究、及びその一部は村田学術振興財団研究助成による研究によって行われた。

[1] S. Semenovskaya *et al.*, Phys. Rev. B **47**, 12182 (1993). [2] K. H. Ahn *et al.*, Nature **428**, 401 (2004).

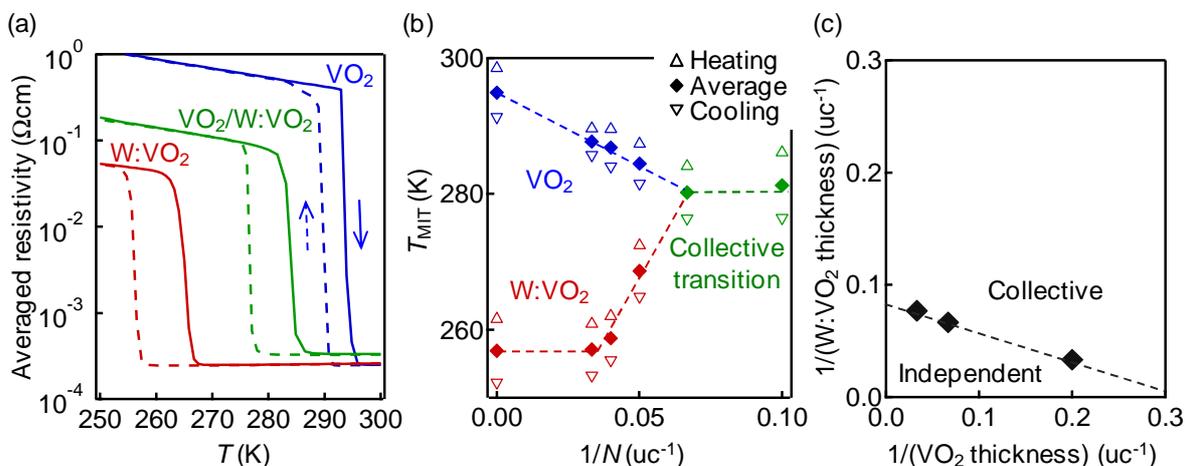


Fig. 1. (a) Averaged resistivity as a function of temperature for VO₂ (30 uc), VO₂ (10 uc) / W:VO₂ (10 uc), and W:VO₂ (30 uc) films. (b) Metal-to-insulator transition temperatures (T_{MIT}) in VO₂ (N uc) / W:VO₂ (N uc) heterostructures as a function of $1/N$. (c) Diagram of collective and independent transition in VO₂ / W:VO₂ heterostructures.