

VO₂ 金属相からの選択的 STM 発光Selective STM light emission from metallic phase of VO₂°坂井 穰¹、桑原 正史²、實槻 雅樹³、片野 諭³、上原 洋一³

(1. トゥール大 GREMAN、2. 産総研、3. 東北大通研)

°Joe Sakai¹, Masashi Kuwahara², Masaki Hotsuki³, Satoshi Katano³, Yoichi Uehara³

(1. GREMAN, Univ. Tours, 2. AIST, 3. RIEC, Tohoku Univ.)

E-mail : sakai@univ-tours.fr

我々は走査型トンネル顕微鏡 (STM) 観測時に針-試料間ギャップで誘起される発光 (STM 発光) [1]を、原子分解能を持つ表面物性評価手段として用いている。これまで、光ディスクや不揮発性メモリ素子の材料である Ge₂Sb₂Te₅、Sb₂Te₃ といったカルコゲナイド系相変化物質の STM 発光を観測してきた[2,3]。本研究では別タイプの相変化物質として、室温付近で構造相転移を示す VO₂ を選び、ナノスケールで試料の電気特性と STM 発光スペクトルの関係を調べた。

レーザーアブレーション法を用いてルチル型 TiO₂ (001) 基板上に厚さ 34 nm の VO₂ 薄膜を堆積した。膜は基板との格子ミスマッチにより *c* 軸方向に圧縮歪みを有している (図 1a)。As-deposited 膜は~280 K で急峻な金属→半導体転移を示したが、熱サイクルの結果、膜に部分緩和が生じ、室温で半導体相と金属相が共存するようになった (図 1b)。この二相共存 VO₂ 薄膜試料を超高真空チャンバー内の STM ユニットに導入し、室温でトポグラフィ像や走査トンネル分光 (STS) 特性を取得しつつ、探針 (Ag、先端曲率半径 100 nm または 250 nm) とのギャップから放出されるフォトンを集光系で分光器 (観測範囲 : 1.45 – 3.50 eV) に導いて計測した。

多数の点における STS 測定の結果、図 2 に示すように、半導体的特性の点と金属的特性の点の 2 種類が、数十 nm サイズのグレインごとに明確に分離している様子が見られた (図 2)。金属的特性を示す点に探針を固定して発光を計測すると、2.0 eV あるいは 2.7 eV に有意な強度の信号が観測された。2.0 eV ピークについて、位置が探針バイアスに依らず一定であること、2.5 V 以上のバイアスでしか現れないことがわかった (図 3)。一方、半導体的特性の点では、計測を行った数十点の中で発光が観測された点は皆無であった。以上より VO₂ においては金属相のみで STM 発光が起こり、半導体相は発光しないと言える。ピーク位置のバイアス依存性、および非弾性トンネリング励起機構を仮定した理論計算結果が実験と整合しないことから、この系における発光メカニズムはバンド間遷移であると結論した。この立場に立つと、金属相/半導体相による発光の有無は両相の電子バンド構造から説明可能である。[1] Coombs *et al.*, J. Microsc. **152** (1988) 325. [2] Uehara *et al.*, Solid State Commun. **149** (2009) 1902. [3] Uehara *et al.*, Solid State Commun. **177** (2014) 29.

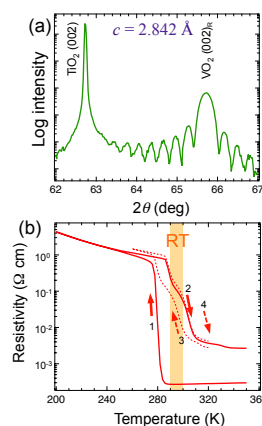


Fig. 1 (a) XRD 2θ-ω scan profile of the VO₂ film. (b) The ρ-T curves of the VO₂ film. Thick (dotted) line corresponds to the first (second) cooling-heating cycle.

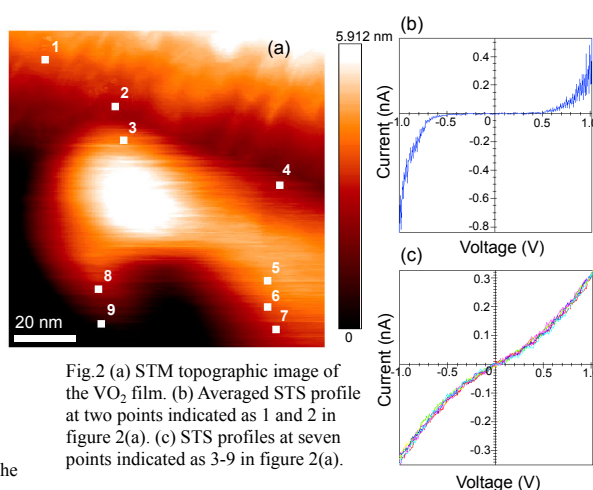


Fig.2 (a) STM topographic image of the VO₂ film. (b) Averaged STS profile at two points indicated as 1 and 2 in figure 2(a). (c) STS profiles at seven points indicated as 3-9 in figure 2(a).

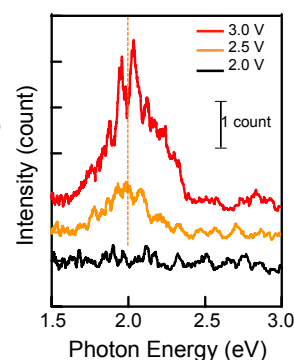


Fig. 3. STM light emission spectra obtained under various bias voltages at a metallic point of the VO₂ film.