VO_2のポンプ-プローブ STM 発光分光

Pump-Probe STM light emission spectroscopy of VO_2

坂井穣 [1]，片野諭 [2]，桑原正史 [3]，上原洋一 [2]，
トゥール大 GREMAN[1]，東北大通研 [2], 産総研 [3]
Joe Sakai[1], Satoshi Katano[2], Masashi Kuwahara[3], and Yoichi Uehara[2]
(GREMAN, Tours Univ.[1], RIEC, Tohoku Univ.[2], AIST[1])
E-mail: uehara@riec.tohoku.ac.jp

VO_2 は室温近辺の温度領域で低温側の半導体相から高温側の金属相に相転移し、それに伴い光電子物性が大きく変化する。相転移温度近傍の温度帯では半導体相と金属相のナノグレインが表面に共存する。我々はSTM探針直下の相の状態をSTSで確認しながらSTM発光分光を行った。[1] その結果、STM 発光は金属相のみから観測されることを見いだした。STM 発光の誘電関数理論より非弾性トンネリング励起機構に基づく VO_2 の STM 発光は両方の相において極めて弱いことが結論され、観測された STM 発光は金属相におけるバンド間遷移によることが判っている。

VO_2 の相転移は、光によりピコ秒の時間スケールで誘起されることも知られている。Hada ら[2]により、フェムト秒レーザー光を半導体相に照射することで照射後 20 ps 程度から金属相への相転移が開始されることが見いだされている。

我々は新たに開発したポンプ–プローブ STM 発光分光法により、ピコ秒レーザーを照射した後の VO_2 の表面電子状態の時間発展を計測した。この手法ではポンプ光により試料表面を励起し、その影響の時間発展をプローブ光に同期した STM 発光により解析する。

試料はレーザーアブレーション法により TiO_2 (001)基板上に堆積された。超高真空槽に導入後、Ar^+スパッターにより試料表面の清浄化を行った。その結果、UPS スペクトルは清浄表面を有する VO_2 に期待される形状を示すようになった。ポンプ-プローブ手法のためのレーザー光源にはピコ秒のチタンサファイアレーザーを用いた（パルス幅 1.5 ps 以下、繰り返し周波数 80 MHz）。干渉計の光学配置により各光パルスからポンプ光とプローブ光を生成し、STM の試料-探針ギャップに照射した。STM 発光はレンズ光学系で集光し、そのスペクトルは分光器に取り付けた CCD カメラにより計測した。STM の探針を（STS から判別される）半導体相上に固定し、ポンプ光とプローブ光の時間差（遅延時間 T）の関数として STM 発光を計測した。$T = 0 \sim 20$ ps の範囲では STM 発光は観測されなかったが、$T = 30 \sim 50$ ps の範囲では光子エネルギー2.7 eV 近辺にピークを有する STM 発光が観測された。しかし、この発光は $T = 60$ ps 以降では消失した。2.7 eV 近辺の STM 発光スペクトルは、通常の（レーザー光照射を伴わない）STM 発光における金属相からの発光スペクトルと高い整合性を示す。従って、ピコレーザー光照射に伴い 20 ps 程度の遅延時間で半導体相から金属相に転移することが結論される。

[1] 坂井他、2016 秋応物学会；J. Sakai *et al*., "Selective scanning tunneling microscope light emission from rutile phase of VO_2" (submitted). [2] M. Hada *et al*., Phys. Rev. B **82** 153401 (2010).

© 2016年 応用物理学会