

時間分解 STM を用いた p 型 WSe₂ のキャリアダイナミクス計測

Carrier dynamics in p-WSe₂ probed by time-resolved STM

筑波大学 ○吉田 昭二、岩田 康史、岸澤 利彦、寺田 康彦、武内 修、重川 秀実

Univ. of Tsukuba, S. Yoshida, Y. Iwata, T. Kishizawa, Y. Terada, O. Takeuchi, H. Shigekawa

<http://dora.bk.tsukuba.ac.jp>

微細化・高速化が進んだデバイスを正しく評価するため高い空間分解能と高い時間分解能を併せ持つ計測手法が必要である。そのため本研究室では、遅延時間変調型パルスペア励起 STM (SPPX-STM) を開発し、半導体のキャリア寿命やギャップ準位を介した再結合の様子をナノメートルの空間分解能で計測することに成功しているが、これらのキャリア緩和過程が計測される機構は未だ明らかではなく詳細な議論が必要である。これまでの研究から n 型半導体の場合、バルクキャリアと表面キャリアの 2 つの緩和過程が観測されることがわかってきているが、p 型半導体の実験はまだほとんどなされていない。そこで本研究では、p 型半導体における時間分解 STM の計測モデルの確立を目的として、層状遷移金属カルコゲナイド WSe₂ を用いて測定を行った。WSe₂ は、表面準位を持たない間接遷移型の p 型半導体であり大気中で安定である。STM 測定は大気または超高真空、室温下で行った。

図 1 に p-WSe₂ の時間分解スペクトルを示す。遅延時間ゼロを始点として 2 つの指数関数的な減衰が観測されており、n 型と同様に 2 つのキャリア減衰成分が現れている事がわかる。図より早い減衰成分はトンネル電流を増加するほど顕著になるが、光強度を増加すると早い成分は消失し長い成分のみが観測された。この結果から光キャリアの減衰過程はトンネル電流と光強度の相対的な量に依存して変化すると考えられる。次に 2 成分の時定数をトンネル電流に対してプロットすると(図 2)、長い成分(τ_2)はトンネル電流に依存しないが、早い成分(τ_1)はトンネル電流に対して反比例的に変化した。この結果から、早い成分は図 3 に示すように、表面の少数キャリア(電子)が探針へ直接トンネルすることによる減衰に対応し、長い成分はバルクキャリアの再結合や拡散による減衰に対応すると考えられる。光キャリアが直接トンネルする過程が計測されたことで、本手法の適用範囲が更に広がるものと期待される。

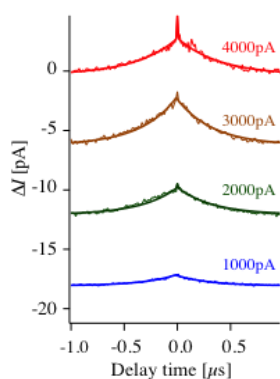


図 1 p-WSe₂ の時間分解スペクトルのトンネル電流依存性

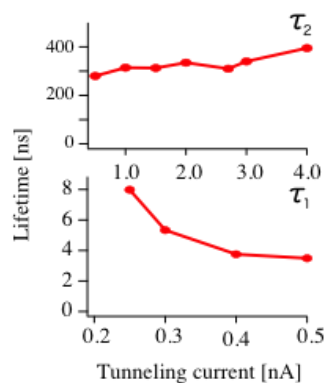


図 2 緩和時間(τ_1 , τ_2)のトンネル電流依存性

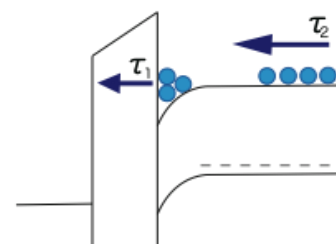


図 3 観測される 2 つのキャリア緩和過程のモデル図