

# 半導体測定における時間分解 STM 信号の解析

## Analysis on the time-resolved STM spectra from semiconductors

筑波大学数理物質科学系、○横田 統徳、吉田 昭二、武内 修、重川 秀実

Institute of Applied Physics, University of Tsukuba

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

原子、分子スケールのような微小な空間領域でフェムト秒、ピコ秒で展開される現象を解析する事が可能な装置として我々は遅延時間変調型パルスペア励起 STM[1] (shaken pulse-paired excited scanning tunneling microscopy : SPPX-STM) を開発した。SPPX-STM は、原子レベルの空間分解能を持つ STM とフェムト秒レーザパルスを用いた光学ポンプ・プローブ反射率測定法を組み合わせた手法である。探針直下の試料表面にポンプ光とプローブ光のパルスペアを照射し、そのパルスペア間の遅延時間  $t_d$  の変化に対応するトンネル電流の変化  $\Delta I(t_d)$  を測定する。半導体試料の場合、パルス光によってキャリアが励起され、トンネル電流が変化する。そのため、遅延時間に対するトンネル電流の指数関数的な減衰は探針直下の光キャリアの緩和過程を反映し、図 1 に示したトンネル接合バンド図を用いて解釈されてきた。本研究では、このモデルを詳細に検討するために光強度が異なるポンプ光とプローブ光で実験を行った。

図 2 に SPPX-STM 信号のポンプ光強度依存性の一部を示す。2 つの信号の時定数を求めるとよりポンプ光の強度が強い  $10\mu\text{W}$  の方がキャリアの緩和時間が短かった。図 3 に時定数のポンプ光とプローブ光強度依存性を示す。ポンプ光のみを変化させた場合、 $10\mu\text{W}$  以下の光強度では光強度の減少とともに時定数は増加した。物理モデルによると、ポンプ光照射後、探針誘起バンドベンディング (tip-induced band bending : TIBB) によって光生成されたホールは表面に蓄積する (図 1)。蓄積したホールによって TIBB が緩和され、表面光起電力が生じる。その後、蓄積したキャリアは熱励起により TIBB の障壁を超えてバルク側へ拡散し減衰する。この際、TIBB が光キャリアに対する活性化障壁となるため、TIBB が大きいほどその寿命は長くなる。これはポンプ光強度が弱い条件では、TIBB の緩和量が小さいために寿命が長くなった実験結果とよく一致する。一方でプローブ光強度に対して時定数は変化しなかった。これはプローブ光がキャリアの緩和時間に影響を及ぼさないことを示している。詳細は講演にて紹介する。

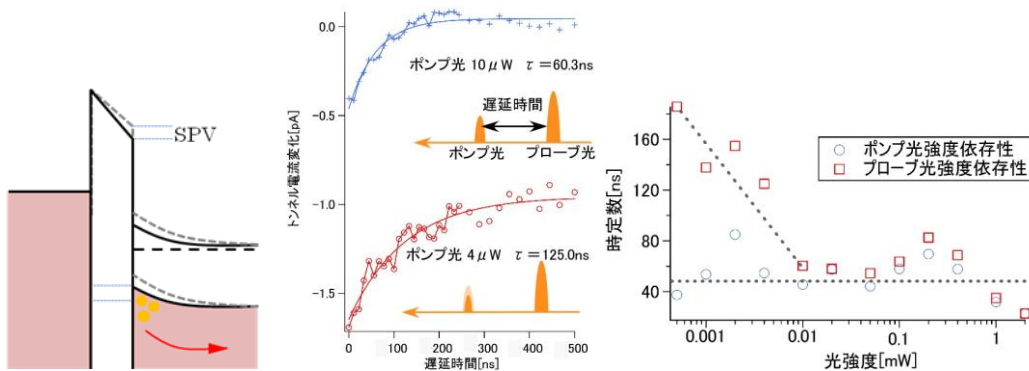


図 1 STM トンネル接合部のバンド図

図 2 ポンプ光強度依存性

図 3 時定数の光強度依存性