

時間分解走査トンネル分光計測の高精度化

Precision Improvement in Time-Resolved Scanning Tunneling Spectroscopy

筑波大院数理, °(M1)久保木 啓丞, 出口 雄基, 武内 修,

嵐田雄介, 茂木裕幸, 吉田昭二, 重川秀実

Inst. Of Pure and Appl. Sci., Univ. of Tsukuba., °Keisuke Kuboki, Yuki Deguchi, Osamu Takeuchi,

Yusuke Arashida, Hiroyuki Mogi, Shoji Yoshida, and Hidemi Shigekawa

E-mail: takeuchi.osamu.ft@u.tsukuba.ac.jp

時間分解走査トンネル分光計測 (OPVP-STs) は、瞬時局所状態密度の時間分解測定が可能であると期待される計測手法である。これまでに、数ナノ秒のスケールで生じる STS スペクトルの時間変化を OPVP-STs により計測可能であることが示されている。一方で、OPVP-STs による測定結果は通常の STS と比較すると大きく傾いたものとなり、測定結果を局所状態密度やバンド構造と結びつけることが難しいケースも多いという問題があった。

本研究ではこの原因を特定し、除去することにより OPVP-STs 計測を高精度化することを目指し、これまで半導体を主な試料としていたところ、試料を金に変更し、計測を行った。OPVP-STs は時間分解能を得るためバイアス電圧にパルスを重ね、このパルスに応じて瞬間的に流れるトンネル電流を計測する手法である。パルス印可時に瞬間的に大きな電流が流れるため、その際に半導体試料ではキャリアの欠乏や過剰な蓄積が生じ、定常的な STS 計測との差が表れる可能性がある。一方、金属試料ではそのような影響は小さく、定常的な STS 計測と一致する結果が得られると期待したのであった。研究の過程では、金属試料ではこれに加え、電流・電圧特性がほぼ線形となることから、OPVP-STs 測定においてはパルス形状のゆがみの影響等もキャンセルされ、測定精度の悪化を招く要因の切り分けに役立つことも明らかになった。

本研究により、これまで OPVP-STs 測定の結果をゆがめていた原因の 1 つがパルス印可により DC バイアス変動する効果であることが分かった。パルス発生器、D/A 変換器、ロックインアンプの同期に用いられる矩形波同期信号がバイアス電圧あるいはその測定値に微小ながら混入 (~0.1mV) することにより、オシロスコープ上での測定値と実効バイアスの間に誤差が生じ、バイアス電圧への変調振幅をゼロにした場合にも測定値にオフセットが乗る効果が生まれていた。

今回、この混入自体を完全に取り除くことはできなかったが、その効果を加味した上で、高精度測定の指針・手順を得た。(1)パルス印可による DC バイアス変動の補正は、誤差を含む測定値を元に行うのではなく、パルスの波高・幅から計算した理論値で行うことにより十分高い精度で補正を行える。(2) バイアス信号をオシロスコープへ接続するか、しないか、といった、本来であれば測定値に影響を与えない実験条件が信号オフセットに影響を与える。(3)電圧パルスを加えない条件でロックインアンプにより計測される信号オフセットをキャンセルするよう、実際の計測の直前に補正值を決定することで信号オフセットの効果を打ち消すことができる。

今後は半導体を測定し、装置の精度を検証していく。