

光学的ポンププローブ STM・時間分解スペクトルのシミュレーション解析

Analysis by Simulations on Time-Resolved Spectra of Optical Pump-Probe STM

○目良 裕¹⁾, 横田統徳²⁾, 吉田昭二²⁾, 武内修²⁾, 重川秀実²⁾
(東京大・物理工学科¹⁾, 筑波大・数理物質系²⁾)

Abstract : The tangled mechanism that produces optical pump-probe scanning tunneling microscopy spectra from semiconductors was analyzed by comparing model simulation data with experimental data. The optimum conditions required to realize reliable measurement, as well as the validity of the microscopy technique, were demonstrated.

時間分解光励起走査トンネル顕微鏡 (STM) 法は、STM と超短パルスレーザーを組み合わせ、ポンプ-プローブ法を用いることで、STM の空間分解能と超短パルス光幅の時間分解能を併せ持つ事を実現した、新しい顕微鏡法である。これまでに、光励起されたキャリアに対するビルトインポテンシャルの影響の空間マッピングや、(Mn, Fe,)/GaAs ギャップ準位におけるホール捕獲レートを単一原子レベルで測定するなど、同手法がナノスケール科学において有用であることを示してきた。[1-4]

しかし、半導体が試料の場合、表面光起電力 (SPV) が起こすトンネル電流の変化を利用してキャリアのダイナミクスを計測する。従って、時間分解信号には、(1) 光励起キャリアのダイナミクス、(2) SPV の変化、(3) トンネル障壁の影響、(4) 測定系による信号の平均化、等いくつかの複雑な過程が含まれるため、時間分解 STM 信号を適切に測定するための条件については十分な理解が得られていなかった。

今回、我々は時間分解 STM の信号に関するモデルシミュレーションを行い、それを実験データと比較することで、バルクにおけるキャリア再結合や、ギャップ内準位を介したキャリア再結合などのダイナミクスを、時間分解 STM を用い正しく評価するための条件を明らかにした。図 1 は一例で、測定条件を適切に定めることで、時間分解スペクトルのレーザー強度依存性が再現されている。会議では、測定における各過程の役割や影響の解析を基に、新しい顕微鏡法の詳細を紹介する。

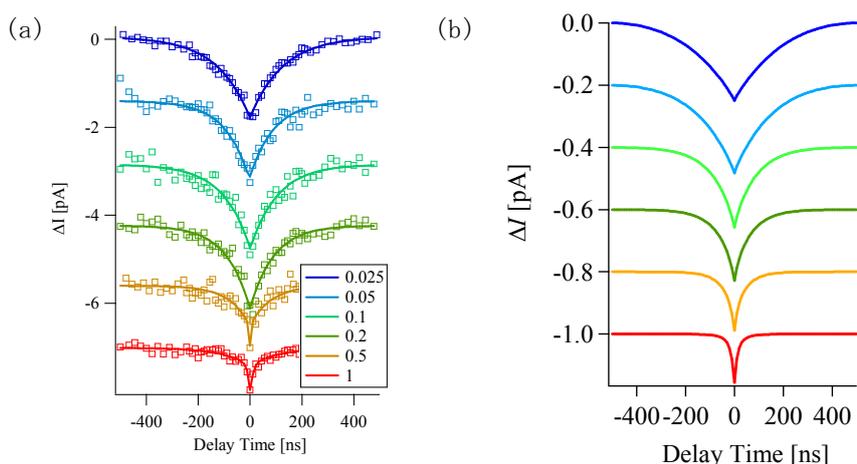


Fig. 1
時間分解 STM 信号の照射強度依存性
(a) 実験 (b) シミュレーション

References

- [1] Y. Terada, S. Yoshida, O. Takeuchi, and H. Shigekawa: Nat. Photonics 4 (2010) 869.
- [2] S. Yoshida, Y. Terada, R. Oshima, O. Takeuchi, and H. Shigekawa: Nanoscale 4 (2012) 757.
- [3] S. Yoshida, M. Yokota, O. Takeuchi, Y. Mera and H. Shigekawa: Appl. Phys. Exp. 6 (2013) 016601.
- [4] S. Yoshida, M. Yokota, O. Takeuchi, H. Oigawa, Y. Mera, and H. Shigekawa: Appl. Phys. Exp. 6, (2013) 032401.

¹⁾ Yutaka Mera: Dept. of Applied Physics, Tokyo Univ., Tokyo 113-8656

²⁾ Munenori Yokota, Shoji Yoshida, Osamu Takeuchi, and Hidemi Shigekawa: Graduate School of Pure and Applied Sciences, Univ. of Tsukuba, Tsukuba 305-8571, HP: <http://dora.bk.tsukuba.ac.jp/>