

時間分解走査トンネル顕微鏡の開発と展望

Development of time-resolved scanning tunneling microscopy

¹Univ. of Tsukuba ¹Shoji Yoshida¹, Zi-han Wang¹, Osamu Takeuchi¹, Hidemi Shigekawa¹

E-mail: yoshida@ims.tsukuba.ac.jp

走査トンネル顕微鏡(STM)が発明されて以来、通常の STM にはない極限的な時間分解能を付与するため、長年に亘り様々な取り組みがなされてきた。そうした中、我々は、超短パルスレーザーによるフェムト秒の時間分解能を持つポンプ・プローブ法を、原子レベルの空間分解能を持つ走査トンネル顕微鏡法と融合することで、時間・空間両領域で極限的な分解能を併せ持つ新しい顕微鏡法の開発を進めてきた。

我々の開発した光学的ポンプ-プローブ STM では、図 1 に示すように遅延時間を持たせたパルス光を STM の探針-試料間に照射する。遅延時間に依存したトンネル電流変化を測定することによってレーザーパルス幅の時間分解能で光励起された試料のダイナミクスを計測することが可能となるが、レーザー照射により生じる探針熱膨張等によりトンネル電流が変調されてしまうと、そのアーティファクトに微弱な時間分解信号が埋もれてしまう。我々は新しいパルス光遅延時間変調方式を導入することでこうした問題を解決し、世界に先駆けてフェムト秒時間分解能を有する STM の実現に成功した[1]。本手法により、STM を用いて半導体の光キャリアダイナミクスをサブ ps 秒の時間分解能で計測することが可能となり[1,2]、空間分解能としては単一原子不純物による影響を原子レベルで測定することも可能になった[3]。さらに近年、円偏光を用いることで半導体中に光励起されたキャリアスピンのスピン緩和やラーモア歳差運動(図 2)を観測することにも成功している[4]。本講演ではこれまでの研究成果に加えて、最近取り組んでいるテラヘルツパルス光や多探針 STM との融合など新しい展開についても紹介する。

[1] Y. Terada, S. Yoshida, O. Takeuchi and H. Shigekawa, Nature Photonics, 4, 12, 869-874 (2010)

[2] S. Yoshida, Y. Terada, M. Yokota, O. Takeuchi, H. Oigawa and H. Shigekawa, EPJ Special Topics 222, 1161-1175 (2013)

[3] S. Yoshida, M. Yokota, O. Takeuchi, H. Oigawa, Y. Mera, and H. Shigekawa, Applied Physics Express, 6, 032401 (2013)

[4] S. Yoshida, Y. Aizawa, Z. Wang, R. Oshima, Y. Mera, E. Matsuyama, H. Oigawa, O. Takeuchi, and H. Shigekawa, Nature Nanotech 9, 588-593 (2014)

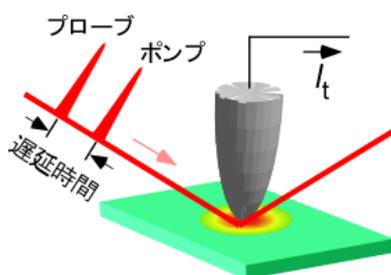


図 1 光ポンプ-プローブ STM の模式図

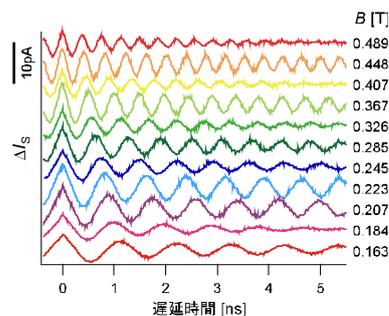


図 2 GaAs 電子スピンの歳差運動ダイナミクスの計測例