

時間分解 STM を用いた半導体電子スピンドYNAMICS計測

Electron spin dynamics in semiconductor measured by time resolved STM

筑波大学 ○吉田 昭二, Zi-han Wang, 奥山 久佳、武内 修、重川 秀実

Univ. of Tsukuba Shoji Yoshida, Zi-han Wang, Hisaka Okuyama, Osamu Takeuchi, Hidemi Shigekawa

E-mail: yoshida@ims.tsukuba.ac.jp <http://dora.bk.tsukuba.ac.jp>

スピンドバイスの実現へ向けて、量子井戸、量子ドットなどナノ構造中のスピン緩和機構やスピン制御が研究されているが、ナノ領域での構造や表面・界面がスピンドYNAMICSに及ぼす影響を詳細に調べるためには、高い空間分解能と時間分解能を合わせ持つ測定手法が必要不可欠である。これまでに我々はポンプ-プローブ法と走査トンネル顕微鏡(STM)を組み合わせた時間分解STMを開発してきた^{1,2}。時間分解STMでは図1に示すように、遅延時間を付けた2つのパルス対をSTM探針-試料間に照射する。試料の光励起に伴いトンネル電流が変化したが、時間分解STMでは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、探針直下で起こる局所領域の超高速ダイナミクスをパルス幅の時間分解能で測定することができる。

今回、局所スピンドYNAMICS計測のため新しい円偏光変調システムの開発し時間分解STMと組み合わせることで、GaAs系試料の電子スピンドYNAMICS計測を行った。まず室温においてGaAs-AlGaAs量子井戸構造のスピン緩和を測定しサブps秒の時間分解能とnmの空間分解能を有することを確認した²。さらに、完成したシステムを極低温強磁場STMと組み合わせ電子スピン歳差運動の計測を行った。試料としてはn型GaAs(110)表面(ドーパ量 $2.0 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$)を用いた。図2に測定結果を示す。トンネル電流変化の遅延時間依存性から、電子スピン歳差運動に由来する量子ビートが観測され、その磁場依存性からg因子の異なる2つの成分(S1: $g_{s1} = -0.40$, S2: $g_{s2} = -0.44$)の存在が確認された。S1のスピン寿命が数ns程度であるのに対して、Resonant Spin Amplificationを利用して導出したS2成分は20ns以上の長い寿命を持つことが分かった。以上の結果はS1がGaAs伝導帯に励起された自由電子、S2はドナーに束縛された電子に由来することを示唆している。測定手法・結果の詳細については本講演にて紹介する。

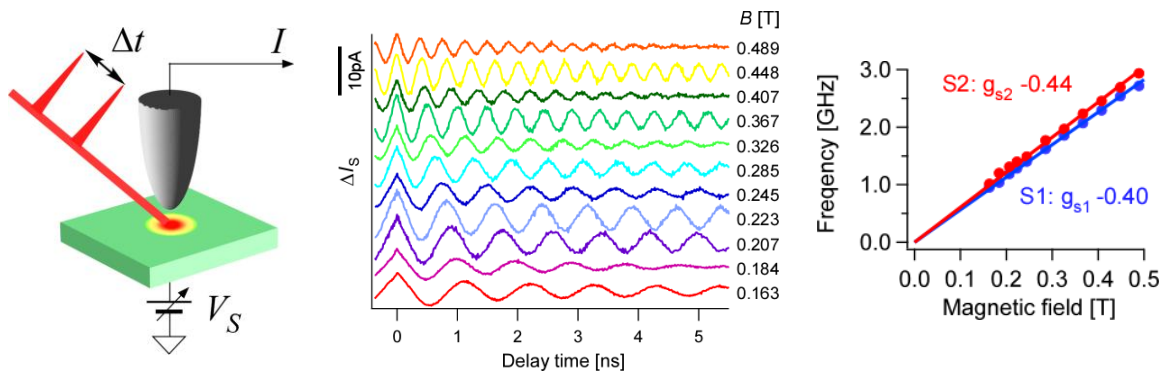


図1 時間分解STMの模式図 図2 時間分解スペクトルの磁場依存性 図3 歳差運動周波数の磁場依存性

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

2. S. Yoshida, et al., Nature Nanotechnology, in press