

# 時間分解 STM による電子スピン寿命計測

## Electron Spin Lifetime Measurement by Time-Resolved STM

筑大物工<sup>1</sup>, 東大工<sup>2</sup> ○吉田 昭二<sup>1</sup>, 相澤 優太<sup>1</sup>, 武内 修<sup>1</sup>, 目良 裕<sup>2</sup>, 重川 秀実<sup>1</sup>

Univ. of Tsukuba<sup>1</sup>, Univ. of Tokyo<sup>2</sup>, °Shoji Yoshida<sup>1</sup>, Yuta Aizawa<sup>1</sup>, Osamu Takeuchi<sup>1</sup>,

Yutaka Mera<sup>2</sup>, Hidemi Shigekawa<sup>1</sup> <http://dora.bk.tsukuba.ac.jp/>

電荷の持つスピン自由度を活用した半導体デバイスの創出を目的とする半導体スピントロニクスが近年注目されている。しかし、半導体中に注入されたキャリアスピンのコヒーレンスはキャリア寿命よりはるかに短時間で失われてしまうため、スピン緩和機構の解明と抑制が必要不可欠である。一般的に半導体中キャリアのスピン緩和には複数の機構が関与するとされている。そのため、スピン寿命は半導体のドーピング量・不純物濃度、温度に加えて、界面・表面や局所構造の影響を強く受けて大きく変化するが、その詳細を理解するためには高い空間分解能を持つ計測手法が必要と考えられる。

そこで本研究では、局所領域におけるスピンドイナミクス計測へ向けて時間分解 STM<sup>1</sup> を改良し、GaAs(110)表面に対して測定を行った。図 1 の模式図に示すように、時間分解 STM ではレーザーパルス対を用いて試料表面を励起する。このとき、円偏光パルスを用いることで GaAs 中にスピン偏極したキャリアを励起する。キャリアスピンの向きは円偏光の向き(右回り、左回り)に依存し、同じ円偏光のパルスを続けて照射した場合、後のパルスによるキャリア生成はパウリの排他律により抑制される(吸収飽和)が、異なる円偏光パルスを照射した場合はキャリア生成の抑制は起こらない。本手法では、円偏光変調を高速に行い、この 2 つの条件での生成キャリア量の差をトンネル電流の変化量 $\Delta I$ として計測する。図 2(a)に測定結果を示す。 $\Delta I$  をパルス対の遅延時間に対してプロットすると $\Delta I$  は指数関数的な減衰を示し、その時定数からスピン寿命(5.5 ps)が得られる。この値は、マクロな光学的ポンプ-プローブ法(OPPR)を用いて得た値(7.8 ps 図 2(b))と同程度であり、室温 GaAs 中の電子スピン寿命とよく一致する。しかし、一方で OPPR では観測されなかった 1ns 以上の長い寿命成分が同時に観測された。STM でのみ観測されたこの長い成分は GaAs(110)表面における電子スピンの関与を示唆している。詳細は本講演において議論する。

<sup>1</sup>Y. Terada, S. Yoshida, O. Takeuchi, H. Shigekawa, Nature Photonics, 4, 12 (2010) 869.

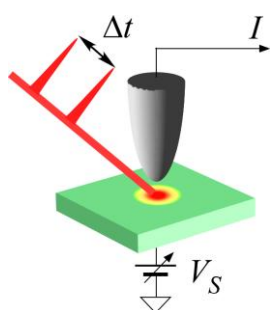


図 1 時間分解 STM の模式図

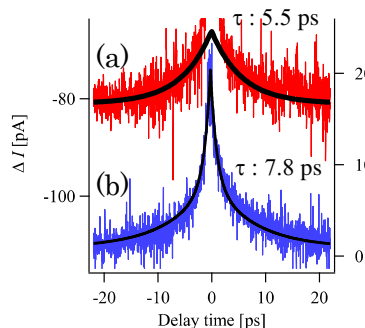


図 2 (a)  $\Delta I$  (時間分解 STM) (b)  $\Delta R$  (OPPR)の遅延時間依存性。

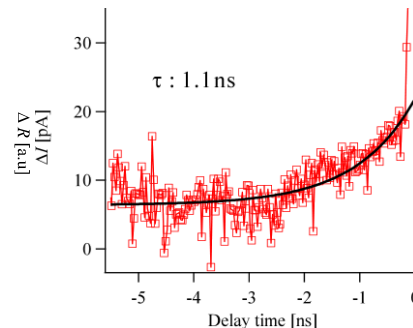


図 3  $\Delta I$  の遅延時間依存性 (長い成分)