

局在ギャップ準位におけるキャリア捕獲過程の時間分解 STM 計測

筑波大¹、○石川 智康¹、吉田 昭二¹、横田 統徳¹、
寺田 康彦¹、武内 修¹、重川 秀実¹

Inst. of Appl. Phys. Univ. of Tsukuba¹

<http://dora.bk.tsukuba.ac.jp>

半導体のバンドギャップ中に深い準位が存在すると、キャリアは高確率でそこに捕獲され、再結合して速やかに消滅する。本研究では表面準位を介した再結合測定モデル実験として n 型 GaAs(110)表面に Co 粒子を蒸着させた Co/GaAs を用いた。GaAs 上に成長した粒径数 nm の Co ナノ粒子は GaAs 中に深い準位を形成しキャリアの再結合中心として働く。実験はこれまでに開発してきた遅延時間変調型パルスペア励起 STM (shaken pulse-paired excited scanning tunneling microscopy : SPPX-STM) を用いて行い、その結果より Co 粒子にトラップされる正孔の捕獲レートの導出を行った。

SPPX-STM は STM のトンネル接合部に遅延時間を与えた二つの光パルス対を繰り返し照射し、遅延時間 t_d に対するトンネル電流変化 ΔI を測定する(図 1)。半導体を試料とした場合、 $\Delta I(t_d)$ の値はパルス照射してから t_d 時間後の光生成キャリア密度を表す。その $\Delta I(t_d)$ を t_d に対してプロットした曲線から指数関数でフィッティングすることによりキャリア減衰の時定数(τ)が得られる

図 1 に示すように光パルス対を試料に照射すると、GaAs 内に電子-正孔対が生成され、Co が作るギャップ内準位に正孔が速やかに捕獲される。通常、試料正バイアスで STM 観察を行うと、GaAs 表面ではトンネル電圧によって誘起される表面バンドベンディングにより電子が空乏し、Co に捕獲された正孔の再結合は起こらない。そのため、キャリアの寿命は非常に長い。ところが、トンネル電子が Co の準位に注入される条件にトンネル電圧を調節すると、トンネル電子と正孔の再結合が起こるためキャリア寿命は短くなる。図 2 に SPPX-STM によって計測された単一 Co ナノ粒子のキャリア寿命のトンネル電流依存性を示す。トンネル電流を上げていくと再結合が促進されキャリア寿命は短くなるが、ある値以上で一定となる。ここでは、捕獲される正孔のレートに比べてトンネル電子の注入レートが多いため、キャリア再結合速度は正孔捕獲レートにより律速されている。したがって、このキャリア時定数から正孔の捕獲時間の導出が可能となる。また、様々な粒子に対して計測された Co ナノ粒子のキャリア捕獲時間を粒子の面積に対してプロットすると、キャリア捕獲時間は粒子面積に反比例して短くなった。詳細については、本講演にて述べる。

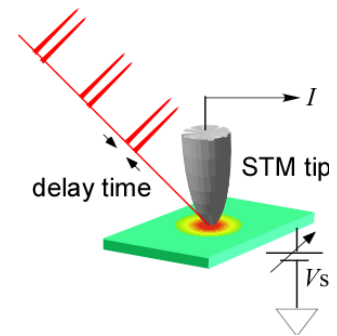


図 1 SPPX-STM 概略図

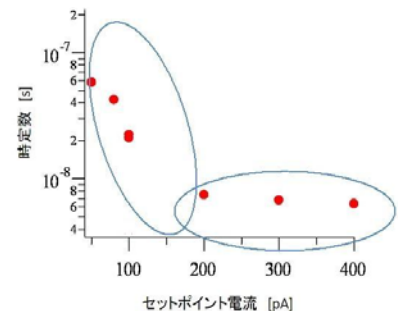


図 2 光強度とキャリア減衰の時定数

参考文献:

[1] Y. Terada, S. Yoshida, O. Takeuchi and H. Shigekawa,

Journal of Phys: Condensed Matter 22, 264008. (2010)

[2] Y. Terada, S. Yoshida, O. Takeuchi and H. Shigekawa,

J. Vac. Soc. Jap. Vol.51 No.12, 801-806 (2008)

[3] Y. Terada, M. Aoyama, H. Kondo, A. Taninaka, O. Takeuchi and H. Shigekawa,

Nanotechnology 18,044028 (2007)