

時間分解 STM による GaAs 上金属誘起ギャップ準位のキャリア捕獲時間計測

Carrier capture dynamics at metal-induced gap states on GaAs(110)

probed by time-resolved STM

筑波大学, 数理物質科学研究科

○小室 亘, 高橋 直希, 横田 統徳, 寺田 康彦, 吉田 昭二, 武内 修, 重川 秀実

Inst. of Appl. Phys., Univ. of Tsukuba, °W. Omuro, Y. Takahashi, M. Yokota,

Y. Terada, S. Yoshida, O. Takeuchi and H. Shigekawa

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

今日の微細化された半導体デバイスでは、原子レベルの欠陥や不純物によって形成されるギャップ準位が、キャリアの捕獲・放出・再結合過程を通して、デバイスの性能を左右する。本研究では GaAs(110)上に Fe や Co をごく少量蒸着することで、原子~数 nm サイズのギャップ準位を導入し、キャリアダイナミクスに及ぼす影響を遅延時間変調型時間分解 STM (SPPX-STM) を用いて調べた。SPPX-STM では探針直下にレーザパルス対を照射し、パルス対間の遅延時間に対応したトンネル電流変化を測定する。トンネル電流は探針直下の光キャリア密度に依存するため、遅延時間に対するトンネル電流変化量を解析することで光キャリアの寿命が得られる(Fig1)。

実験の結果、GaAs(110)表面上では 70ns 程度のキャリア寿命が観測されたが、金属ナノ粒子上では同様の成分に加えて早い成分(Fe 上: 2.4ns)が観測された。金属粒子が形成する GaAs ギャップ内のトラップ準位に、探針からトンネルしてきた電子と、GaAs 内部からドリフトしてきた光生成キャリアがともに捕獲され再結合する。観測された高速な減衰過程は、この表面再結合によるものと考えられる (Fig.2)。ギャップ準位に注入するトンネル電流が十分大きいと、キャリア再結合速度はキャリア捕獲時間に律速されるため、計測されるキャリア寿命から金属粒子のキャリア捕獲時間が求まる。異なるサイズの金属粒子に対して測定を行ったところ、Fe、Co ともにキャリア捕獲時間は粒子サイズの増加にともなって短くなった (Fig.3)。これは、キャリア捕獲時間が散乱断面積に反比例することに対応する。同じサイズの Fe と Co 粒子とを比較すると、Fe 粒子のほうが短いキャリア捕獲時間を有する結果が得られた。講演では、これら詳細について紹介する。

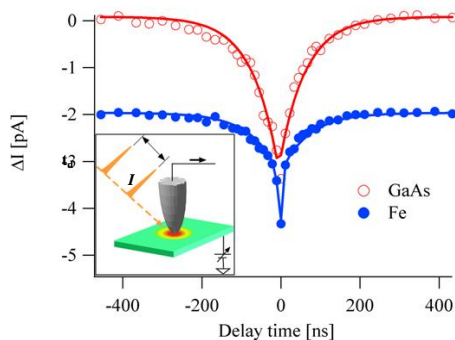


Fig.1: GaAs 表面と Fe 粒子上での ΔI -遅延時間プロット

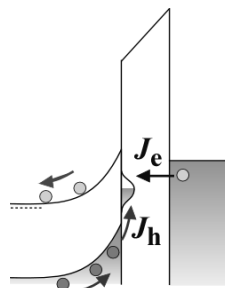


Fig.2: ギャップ準位における再結合の概念図

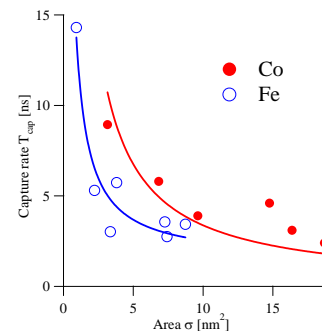


Fig.3: キャリア寿命 (捕獲時間) の粒子面積依存性