

InAs/GaSb 断面上の In 原子操作とトンネル過程

Electron tunneling via the manipulated indium atom on an InAs/GaSb cross-section

NTT 物性基礎研¹, Paul-Drude-Inst.² ○鈴木 恭一¹, 小野満 恒二¹, Stefan Fölsch², 蟹澤 聖¹NTT Basic Research Labs.¹, Paul-Drude-Inst.², ○K. Suzuki¹, K. Onomitsu¹, S. Fölsch², K. Kanisawa¹

E-mail: suzuki.kyoichi@lab.ntt.co.jp

微細化・省電力化の究極として原子スケールの半導体デバイスが期待され、その実現へ向けた原子操作技術の発展が急務となっている。走査トンネル顕微鏡(STM)はその有望な技術の一つで、我々はSTMを用い、半導体ヘテロ構造断面上にナノ構造を作製し、両者の波動関数の結合による新たな機能性の創出を目指している。これまで我々は、InAs/GaSbヘテロ構造断面上のIn原子操作に成功しているが、その中で、GaSb層上のIn原子の電子状態およびトンネリング過程について未解明な部分が多かった[1]。今回、GaSb層上のIn原子のトンネル分光の結果を基に、In原子の電子軌道およびGaSb層のバンドギャップを通しInAs層へ至る新たなトンネル過程を提案する。

図1(a)はGaSb層上のIn原子のSTM像、図2(a)はそのIn原子上のトンネルスペクトル、図2(b)はIn原子のない場所で測定したGaSb層のトンネルスペクトルである。図2(a)に見られるピークはIn原子の5p軌道に関連するもので[2]、前回の発表でGaSb層上のIn原子は中性で物理吸着している可能性を述べたが[1]、5p軌道のエネルギーがフェルミレベル(0 V)より上にあることから、正にイオン化していることがわかる。図2(b)と比較すると、この5p軌道のエネルギーはGaSbのバンドギャップ中にあり、5p軌道を通したGaSbのバンドギャップへのトンネルが起こっていることになる。我々はこの過程を次のように考えた。

正にイオン化したIn原子により図1(b)のようにGaSbの伝導帯下端が変調され、In原子直下では5p軌道のエネルギーはGaSbの伝導帯内に位置する。さらに、この軌道はトンネルにより両側のInAs層の伝導帯と結合し共鳴状態を作る。その結果、STM探針－共鳴状態－InAsの伝導帯のトンネルが可能となる。トランスフォーマトリックス法による計算結果は、このトンネル過程が正しいことを示唆している。

[1] 2012年秋季第73回応用物理学会学術講演会12p-E2-8

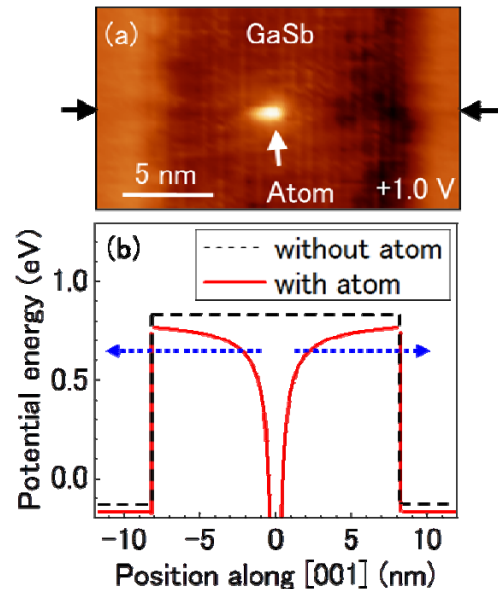
[2] K. Kanisawa, J. Cryst. Growth **378**, 8 (2013).

図1. (a):GaSb層上に置いたIn原子のSTM像。両側はInAs層。(b):(a)の矢印に沿ったIn原子による伝導帯下端の変調の様子。

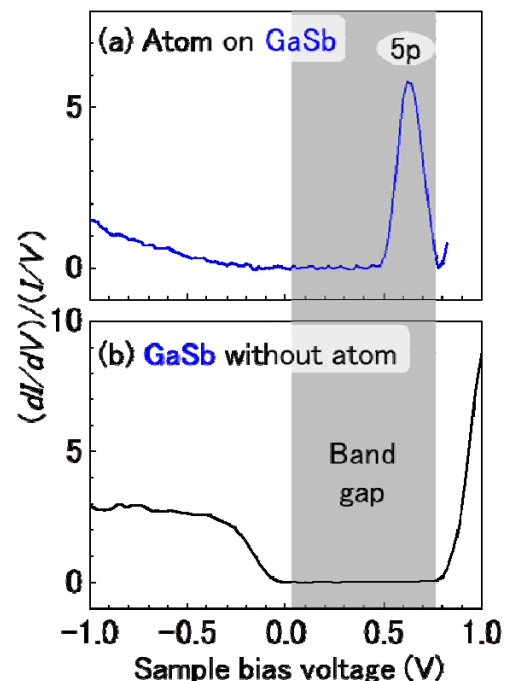


図2. (a):図1(a)のIn原子上のトンネルスペクトル。(b):In原子から離れたGaSb層のトンネルスペクトル。