

時間分解 STM を用いた表面キャリアダイナミクス計測

Surface carrier dynamics measured by time-resolved STM

筑波大学 ○相澤 優太, 横田 統徳、吉田 昭二、武内 修、重川 秀実

Tsukuba Univ. ○Yuta Aizawa, Munenori Yokota, Shoji Yoshida, Osamu Takeuchi, Hidemi

Shigekawa

E-mail: yoshida@ims.tsukuba.ac.jp

微細化・高速化が進んだデバイスを正しく評価するため高い空間分解能と高い時間分解能を併せ持つ計測手法が必要である。本研究室では高空間分解能・高時間分解能である遅延時間変調型パルスペア励起 STM(Shaken-Pulse-Pair-excited STM;SPPX-STM)を開発し、これまで様々な半導体試料に対し測定を行ってきた。その結果、半導体中の光生成少数キャリアはバルクと表面で異なる寿命を持ち、それぞれが SPPX-STM の信号として観測されることがわかってきた。

本研究では、表面キャリアの減衰過程に注目し、In/Si(111) 4x1 表面に対して SPPX-STM 信号の光強度依存性を調べた。図 1 に SPPX-STM 計測によって得られた表面キャリア寿命の光強度依存性を示す。光強度に強く依存し光強度が強いほど寿命が短くなった。n 型半導体の場合、表面少数キャリア(正孔)は図 2 に示すように熱電子放出過程によって表面に到達したバルクキャリア(電子)が再結合することによって減衰するため、表面キャリアの寿命はバンドベンディングの大きさに強く依存する。バンドベンディング量は光強度によって変化し、光強度の強い条件ではバンドベンディング量が小さくなり寿命が短くなったと解釈できる。

次にパルスピックアップの際、完全に消光し切れない漏れパルスが測定される表面キャリア寿命に大きな影響を与えることを発見し、その影響の大きさを評価するためにパルスピックアップの消光比を変えて表面キャリアの減衰過程を測定した。図 3 にその結果を示す。パルスの漏れ光量が大きい条件では、光キャリア寿命が短くなることが明らかになった。表面キャリアの寿命はレーザーの励起間隔(11ns)に比べて長い場合、漏れ光が大きい場合は、キャリアが完全に緩和せずバンドがフラットに近い状態が維持されるためと考えられる。これにより、比較的時定数の遅い減衰過程は観測されず、バンドの緩和された速い変化のみを捉えることとなり、結果的に、表面キャリアの減衰が単一の指数関数に近くなると考えられた。

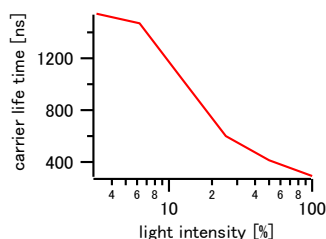


図 1 表面キャリア寿命の光強度依存性

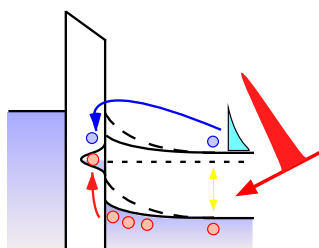


図 2 表面キャリアの減衰過程

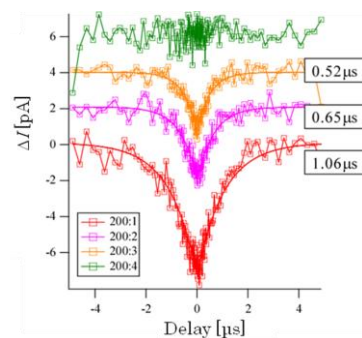


図 3 SPPX-STM スペクトルの漏れ