

光路切り替え型時間分解STMの開発

Development of Time-resolved STM with Alternatively Switching Two Optical Paths

筑波大学 重野 将弥 岸澤 利彦、吉田 昭二、武内 修、重川 秀実

Institute of Applied Physics, University of Tsukuba

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

半導体デバイスの微細化技術の発達に伴い、原子スケールの局所的な構造がデバイスそのものの動作特性を左右するに至った現在、ナノスケールの空間分解能とナノ～ピコ秒の時間分解能を持った測定手段の開発が望まれていた。そこで我々の研究室では独自の測定原理に基づく遅延時間変調型パルスペア励起STM (SPPX-STM : Shaken-Pulse-Pair-Excited STM) を開発した。SPPX-STM は、STM 探針直下にレーザパルスをペアで照射し、ペアを構成する 2 つのパルス間の遅延時間を変えた際のトンネル電流の変化を測定する。トンネル電流の遅延時間依存性は 1 パルス目による励起から 2 パルス目が到達するまでに試料内部に起こる超高速過程を反映することから、この手法により、試料の局所領域で生じる超高速過程を観測可能である。その際、測定精度の向上のため、遅延時間を周期的に変化させ、対応するトンネル電流変化をロックインアンプにより測定することが技術的に特に重要であった。

従来の SPPX-STM では遅延時間の周期変調のためにパルスピッカーや用い、試料励起用のレーザーパルスの大半を捨てる必要があった。そのため励起光の実効強度が低下してしまい、特に 1 ns を切るような高速現象を測定するには信号強度が低下してしまうことが懸念された。

そこでこの点を改善するため、本研究ではパルスピッカーレーザーではなく、電気光学変調器(EOM: Electro optical modulator)により 2 つの光路を切り換える光路切り替え型 SPPX-STM を新しく開発した。この手法ではポンプ光として用いる光路 Line I と、異なる遅延時間を持つプローブ光を生成する Line II, Line III の 3 つの光路を用意して、EOM により Line II と Line III を通る光を交互に試料に照射する。図 1 に示すとおり、この光路切換により遅延時間を高速に周期変調できる。この手法の動作を実証するため、層状 p 型半導体 WSe₂ 中での光キャリア寿命測定を試みた結果が図 2 である。図から、遅延時間依存の時間分解トンネル電流信号の測定に成功したことが確認できる。当日は測定手法の詳細の他、精度向上のために行った工夫などを紹介する。

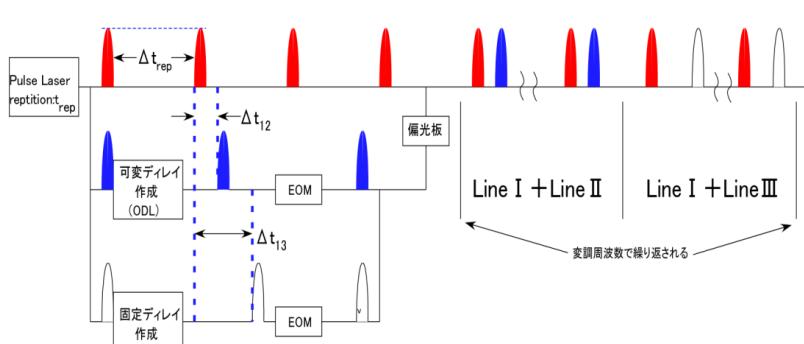


図 2 光路切り替え型 STM の光路切り替え部分の仕組み

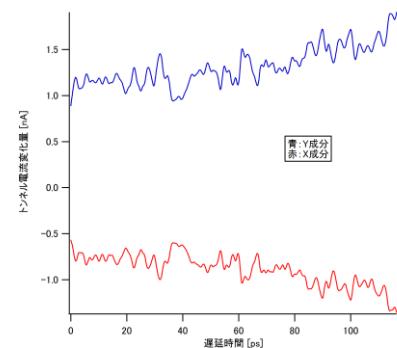


図 1 WSe₂ のトンネル電流変化量