

## フェムト秒時間分解走査トンネル顕微鏡による WSe<sub>2</sub>の光誘起キャリアーダイナミクス計測

1)筑波大理工, 2)CREST-JST

近藤 博行<sup>1)</sup>, 寺田 康彦<sup>1)2)</sup>, 吉田 昭二<sup>1)2)</sup>, 海老澤 尚宏<sup>1)</sup>, 武内 修<sup>1)2)</sup>, 重川 秀実<sup>1)2)</sup>

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

フェムト秒レーザーと走査トンネル顕微鏡 (STM) を組み合わせることで、例えば、半導体における光励起キャリアーの再結合、ドリフト、拡散などのダイナミクスを、高い空間分解能と高い時間分解能で計測・評価することが可能になる。我々は、パルスペア光励起走査トンネル顕微鏡 (PPX-STM; Pulse-pair-excited scanning tunneling microscope) を開発し、これまでに GaNAs などの半導体試料に対して測定を行ってきた [1]。PPX-STM は STM にフェムト秒レーザーパルスを用いた光学的ポンプ・プローブ法を組み合わせた手法である。探針直下の試料表面にレーザーパルス対を照射し、パルス対間の遅延時間の変化に対応するトンネル電流変化  $I$  を測定する (図 1)。

本研究では、PPX-STM を使ってどのような物理現象を測定できるかを明らかにすることを目的とした。試料には、表面状態を持たず、モデル化が容易な層状半導体 WSe<sub>2</sub> を用いた。

半導体を試料とする場合、試料・探針間のバイアス電圧により探針直下にバンド湾曲 (BB) が生じる。この状態に光を照射すると、励起されたキャリアーによって BB が緩和する (表面光起電力 SPV; Surface photovoltage)。SPV の変化の様子は励起光の遅延時間に依存し、これが、障壁の変化を通じてトンネル電流の変化をもたらす。一方、遅延時間がキャリアー寿命の領域にあると、別の過程でトンネル電流が遅延時間に依存する。これは、ポンプ光で生成されたキャリアーが残っている状態でプローブパルス (PP) が入射すると、残っている量に依存して吸収率、即ち、生成キャリアー数が変化するためである。

このモデルでは、 $I$  の遅延時間依存性は二つの成分から成り、速い成分と遅い成分はそれぞれキャリアーの再結合過程と SPV の緩和に対応すると考えられる。例えば、これら過程において SPV の変化は励起光強度に強く依存するため、励起光の強度をあげると SPV の過程が、強度を弱めると再結合の過程が支配的になると期待される。図 2 は、逆バイアス印加時におけるトンネル電流変化  $I$  の光強度依存性を示したもので、得られた結果はモデルとよく一致する。

[1]Y. Terada *et al.* Nanotechnology 18, 4(2007)

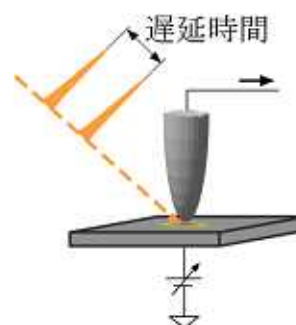


図 1 PPX-STM の概略図

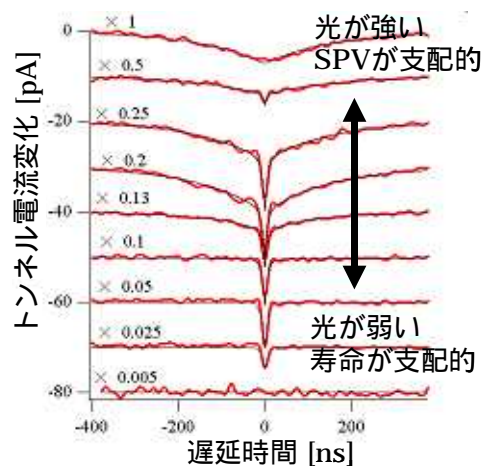


図 2 トンネル電流変化の  
光強度依存性 ( $V_s = -1.5V$ ,  $1nA$ )