

二次元層状半導体を用いた超高速非線形光デバイスの開発

Research on ultrafast nonlinear optical devices in two-dimensional semiconductors

香月 浩之¹⁾

Hiroyuki KATSUKI

¹⁾ 奈良先端科技大量研 板倉 隆二²⁾

Ryuji ITAKURA

²⁾ QST 関西研

(概要)

本施設供用実験では有限のバンドギャップを持つ二次元半導体試料である遷移金属ダイカルコゲナイド(TMDC)に着目し、高い光学活性を有する単層膜を対象に、フェムト秒レーザー照射によってTMDC 薄膜中で起こる超高速領域のキャリアダイナミクスを観測することを目指す。さらに、そのような試料を光子と強結合させるようなマイクロキャビティ中に配置することにより、光学的特性の変化を引き起こすことにより、超高速スイッチングデバイス、量子情報キャリアとしての応用への展開を目指す。

キーワード：遷移金属ダイカルコゲナイド、超高速分光、強結合状態

1. 目的

二次元半導体中に励起した、励起子状態がどのような時間スケールで緩和するのかを明らかにする。剥離法、Chemical vapor deposition(CVD)法、Molecular beam epitaxy(MBE)法など、異なる手法によって調整された試料を用い、層数や基板による応答の変化の測定を目指す。また、MoSe₂においては、単層膜において間接遷移から直接遷移型半導体への移行が報告されており、光との相互作用の大きさから、強結合状態の活性層として有望である。試料の作製とラマン顕微鏡 AFM によるその評価を行い、それと並行してフェムト秒ポンププローブによる、励起状態の緩和過程の測定を試みる。

2. 方法

テープ剥離法によって作成した MoSe₂、QST 高崎研の境博士作製の CVD 試料、購入した MBE 試料を対象に CW レーザー励起による発光計測やラマン顕微鏡、AFM 計測によって、層数の見積もりを行った。フェムト秒再生増幅器を光源として、800nm 励起による MoSe₂ からの和周波発生、400nm 励起 800nm プローブによる励起子ダイナミクスの観測を試みる。

3. 結果及び考察

層数の評価において、CVD 試料及び MBE 試料については単層構造の存在を確認した。テープ剥離法による試料では3層程度の薄さの試料得られた。

kHz チタンサファイアレーザーを用いた実験において、フェムト秒増幅器の出力ではピーク強度が強すぎて、試料にダメージが入ってしまうことがわかった。方向性として、より尖頭出力が小さく、繰り返し周波数の高い再生増幅光源やオシレータ光源を利用することで、この問題は解決できると考えられた。以上の知見を活かし、並行して奈良先端大にて進めていた、光源をチタンサファイアオシレータに変えた実験において、和周波の観測や 400nm 励起 800nm プローブによる励起状態緩和の観測に成功した。今後 QST においても、同様の方向性で光学系の構築を目指す予定である。また、シグナルの測定において、反射 pump-probe 測定では、光電子増倍管よりフォトダイオードを用いた方が S/N の良いシグナルが得られた。この点も考慮しつつ、今後偏光解析の可能な極低温測定光学系の立ち上げ、バレー自由度の解析に展開する予定である [1]。

4. 引用(参照)文献等

[1] F. Gao, et al., Phys. Rev. B. 94, 245413 (2016).