

時間分解 ARPES による WSe₂ の超高速バレー間緩和過程の計測

Ultrafast intervalley relaxation in layered WSe₂ by using time-resolved ARPES

NTT 物性基礎研¹, 横浜国大², 関西学院大学³ ◯(M2)山口 大也^{1,2}, 加藤 景子¹, 増子 拓紀¹,
関根 佳明¹, 日比野 浩樹^{1,3}, 片山 郁文², 武田 淳², 小栗 克弥¹

NTT Basic Research Labs.¹, Yokohama National Univ.², Kwansai Gakuin Univ.³

◯Hiroya Yamaguchi^{1,2}, Keiko Kato¹, Hiroki Mashiko¹, Yoshiaki Sekine¹, Hiroki Hibino^{1,3},

Ikufumi Katayama², Jun Takeda², Katsuya Oguri¹

E-mail: yamaguchi-hiroya-zc@ynu.jp, katsuya.oguri.hf@hco.ntt.co.jp

VI族遷移金属ダイカルコゲナイド(TMDC)はバレー偏極などの興味深い特徴を持っており、スピントロニクスやバレートロニクスの材料として注目を集めている[1]。また、強い光電界によるキャリアのバンド内加速によってバレー間電子状態を制御しうる可能性も指摘されている[2]。バレートロニクスは運動量空間のバレーを自由度として扱っているため、これを制御するためにVI族TMDCの運動量空間における電子の励起・緩和ダイナミクスを解明し知見を得ることは非常に重要である。

そこで我々は、42.1 eV、sub-5 fs の高い時間分解能を持つ時間-角度分解光電子分光法(Tr-ARPES)によって、TMDCの代表的なサンプルの一つであるWSe₂の電子励起・緩和ダイナミクスを測定し、レート方程式を用いた数値計算と比較した。Fig. 1(a)に、1.56 eV、20 fs の直線偏光ポンプ光で励起したときのK点($k_{\parallel}=1.28 \text{ \AA}^{-1}$)と Σ 点($k_{\parallel}=0.64 \text{ \AA}^{-1}$)の各遅延時間のARPESスペクトルを示す。ポンプ光を照射することでK点の伝導帯に電子が励起され(+10 fs)、その後、励起されたK点の電子が、伝導帯で最もエネルギーの低い Σ 点に遷移しポピュレーションが形成されることがわかる(+70 fs) [3]。Fig. 1(b)にK点、 Σ 点の伝導帯の光電子数の時間変化およびレート方程式を用いた数値計算によるフィッティングを示す。この結果から、K点から Σ 点への緩和定数は30 fsと見積もられ、観測されたバレー間散乱は、一般的な電子-電子散乱に起因する緩和時間に匹敵するほどの超高速過程であることがわかった。

本研究の一部は、JSPS 科研費(16H2120, 19H02637, 20H00358)の支援を受けて行われた。

参考文献

- [1] K. F. Mak et al., Nat. Photon. 12, 451 (2018); X. Xu et al., Nat. Phys. 10, 343 (2014).
[2] F. Langer et al., Nature 557, 76 (2018).
[3] R. Bertoni et al., Phys. Rev. Lett. 117, 277201 (2016); R. Wallauer et al., Appl. Phys. Lett. 109, 162101 (2016).

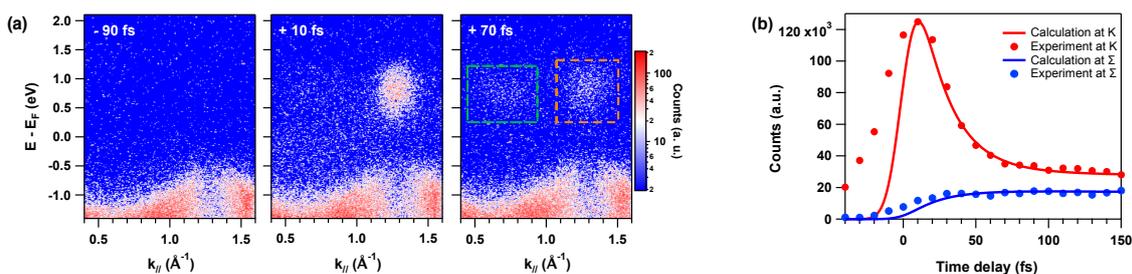


Fig. 1. (a) Typical temporal snapshots of ARPES spectrum of WSe₂ along Γ -K direction irradiated by the 1.56-eV pump pulse at the time delays of -90 fs, +10 fs, and +70 fs. Orange and green boxes show the region of photoexcited population in the conduction band at K and Σ valleys, respectively. (b) Integrated electron count at the K and Σ valleys as a function of the delay. For comparison, calculated results on the dynamical population transfer from the K into Σ valley based on a set of rate equations are also illustrated.