

半導体 2H-MoTe₂ の高密度電子励起下における過飽和吸収現象の観測

Observation of the saturable absorption effect in semiconductor 2H-MoTe₂ under high-density excitation conditions

筑波大数理¹, 慶大電情², 埼大院理工³, ○(D3) 福田拓未¹, (M2) 尾崎卯汰¹, 鄭サムエル¹, 嵐田雄介¹,
(M1) 塩谷海斗¹, 吉田昭二¹, Paul Fons², 藤田淳一¹, 上野啓司³, 長谷宗明¹, 羽田真毅¹
Univ. Tsukuba¹, Keio Univ.², Saitama Univ.³, ○(D3) T. Fukuda¹, (M2) U. Ozaki¹, S. Jeong¹,
Y. Arashida¹, (M1) K. En-ya¹, S. Yoshida¹, P. Fons², J. Fujita¹, K. Ueno³, M. Hase¹, and M. Hada¹
E-mail: s2130057@s.tsukuba.ac.jp

2H-MoTe₂は三角プリズム型構造を持つ遷移金属ダイカルコゲナイド(TMD)の1種であり、1 eV以上のバンドギャップを有する2次元層状半導体である。MoTe₂は多形物質であり、光による価電子5%以上の電子励起に伴って、半導体2H相から金属的な過渡構造2H*相や半金属1T'相へと構造相転移することが理論的に予言されている[1]。このような光誘起構造相転移を利用した構造相パターニングが、次世代の集積回路作製技術の発展に期待されている。以上を踏まえ、光励起状態における2H-MoTe₂の過渡的な構造ダイナミクスに関する知見を多角的な実験手法から明らかにし、構造相転移やその制御の可能性を模索することは重要な研究課題である。著者らが行った先行研究では、800 nm(1.55 eV)を励起光とした高密度電子励起下(> 1 mJ/cm²)において、蓄熱効果に起因する試料破壊によってTeが析出し、2H相から他の構造相への構造変化は観測されなかった[2]。一方、800 nmより高い光エネルギーの励起では、試料の破壊閾値が高くなるため[2]、より高密度な電子励起の条件における過渡的な構造ダイナミクスの議論が可能になると期待される。

本研究では、波長400 nm(3.1 eV)かつ試料破壊閾値以下1~30 mJ/cm²の高強度フェムト秒パルス光励起を用いた2H-MoTe₂における構造変化の可能性について、ポンプ・プローブ法に基づく二つの実験的観点(①超高速電子線回折法による構造ダイナミクス, ②過渡反射率変化実験によるコヒーレントフォノンダイナミクス)から包括的な調査を行った。その結果、①での回折点強度の変化, ②でのA_{1g}フォノン(~5.15 THz)振幅の照射フルエンス依存性がともに、4 mJ/cm²以下の領域では線形に増加し、4~14 mJ/cm²の領域では停滞, そして14 mJ/cm²以上の領域で再び線形に増加する様子を示した(Fig 1)。回折強度の変化やフォノン振幅は励起された電子密度におよそ比例することから、4~14 mJ/cm²の領域では過飽和吸収が生じ、電子励起および構造変化が飽和したと考えられる。14 mJ/cm²以上の試料の破壊閾値に近づく領域では、多光子吸収により再び電子励起が発生していると予想される。また、①・②の実験結果ともに、2H相から他の構造相への構造変化は示さなかった。これは、価電子帯の0.4%に相当する4 mJ/cm²から生じる過飽和吸収の影響で、構造相転移に必要な5%の電子励起を達成できないことに起因する。

講演では、実験条件や結果を詳しく示すことで、過飽和吸収と構造ダイナミクスの関係をより詳細に議論する。

【参考文献】

- [1] M. Guan *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **128**, 015702 (2022).
[2] T. Fukuda *et al.*, *Phys. Status Solidi (RRL)*, **16**, 2100633 (2022)

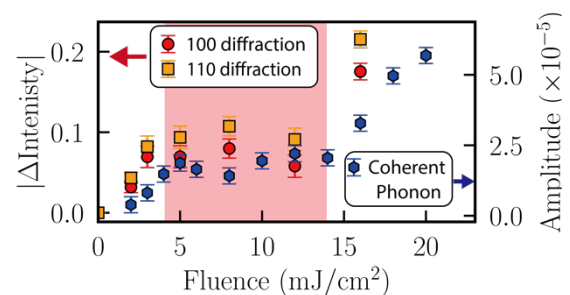


Fig 1. Fluence dependence of the diffraction intensity changes and the amplitudes of the coherent A_{1g} phonon mode. A red-shaded area represents the region indicating saturable absorption.