## レーザー照射による TMDC 結晶への p/n ドーピング制御とモノリシック TFET 応用

p/n doping control in TMDC crystal by laser irradiation and TFET application 千葉大物質<sup>1</sup>, バッファロー大<sup>2</sup> 大内 秀益<sup>1</sup>, 神谷 航太<sup>1</sup>, 坂梨 昂平<sup>1</sup>, ゲエヌエ トーマス<sup>1</sup>, ピーター クリューガー<sup>1</sup>, 宮本 克彦<sup>1</sup>, 尾松 孝茂<sup>1</sup>, ジョナサン バード<sup>1,2</sup>, <sup>0</sup>青木 伸之<sup>1</sup> Chiba Univ.<sup>1</sup>, SUNY Buffalo<sup>2</sup> H. Ouchi<sup>1</sup>, K. Kamiya<sup>1</sup>, K. Sakanashi<sup>1</sup>, T. Guehenneux<sup>1</sup>, P. Krüger<sup>1</sup>, K. Miyamoto<sup>1</sup>, T. Omatsu<sup>1</sup>, J. P. Bird<sup>1,2</sup>, <sup>o</sup>N. Aoki<sup>1</sup>

## E-mail: n-aoki@faculty.chiba-u.jp

近年, MoS<sub>2</sub>を代表とする遷移金属ダイカルコゲナイド (TMDC)の研究が盛んに行われてきて おり,その中でも電界効果トランジスター (FET)を始めとする電子デバイスへの応用が期待さ れている。とくに次世代の高速動作を見越したトンネル型 FET (TFET)への期待が高まっており, トランスファー技術の高度化も相まって,p型/n型を別々の結晶で構成されたファンデルワー ルスヘテロ接合による TFET 構造のデモンストレーションがなされてきている[1]。一方で,我々 のグループでは,現実的な応用を意識し,「1つの TMDC 結晶の中にp型/n型の領域を作り込 んだモノリシック型の TFET」の実現をめざし,とくに MoTe<sub>2</sub>結晶に注目して研究を進めてきた。 MoTe<sub>2</sub>は多層でバンドギャップエネルギーが 0.9eV 程度と TMDC の中でも比較的狭く両極性の特 性が得られやすい。また,Te原子の欠損ができやすいため,それを利用したドーピング効果が期 待できる。これまで大気中/真空中でのレーザー照射によってTe原子の欠損に起因したp型/n 型のドーピング量の制御が可能であること[2],また高強度レーザーの照射により MoTe<sub>2</sub>が分解さ れ,Te 化領域を介したオーミックコンタクト形成が可能であることなどを明らかにしてきた[3]。 これらの要素技術をもとに、ヘテロ接合ではなく単一の MoTe<sub>2</sub>結晶内にモノリシックに構成され た TFET の実現をめざした研究を進めている。

図1は MoTe<sub>2</sub>結晶と電極との境界領域に大気中で高強度レーザーを照射した場合の現象を模式 的に示したものであるが,0.3 MW/cm<sup>2</sup>以上の強度で集光されたのレーザー光を照射すると,スポ ットサイズに相当する領域の前述のように分解して Te 化されるが,その周りには高密度なホール ドーピング領域が形成される(図1)。このような高密度ドーピングはゲートによるキャリア密度 変化が少なく,TFET の形成に有用と考えられ,図2に示すようなバンド間トンネルによる n-TFET 動作が確認されている。特性の温度依存性やp型動作の可能性も含めた議論を行う予定でいる。





Fig. 1. AFM image of high density Laser-irradiated region in MoTe<sub>2</sub> crystal (left) and schematic carrier density distribution (right).

Fig. 2. TFET operation of monolithic MoTe<sub>2</sub> device at 120 K.

- [1] J. He *et al.*, Adv. Elect. Mater., **2018**, 1800207 (2018).
- [2] 神谷航太他, 第79回応用物理学会秋季学術講演会, 19a-311-2 (2019).
- [3] 坂梨昂平他, 第65回応用物理学会春季学術講演会, 19a-C202-3 (2018).