

二次元機能性原子・分子薄膜の創製と利用に資する基盤技術の創出
H28年度採択研究代表者

2018年度 実績報告書

宮田 耕充

首都大学東京大学院理学研究科
准教授

原子層ヘテロ構造の完全制御成長と超低消費電力・3次元集積デバイスの創出

§ 1. 研究成果の概要

2018年度は、昨年度に引き続き遷移金属ダイカルコゲナイド(TMDC)原子層およびそのヘテロ構造の成長技術の開発と光・電子物性の評価、およびデバイス要素技術の開発とデバイス特性のシミュレーションを中心に研究を推進してきた。TMDC成長に関しては、低温化と高品質化に着目し合成技術を改良してきた。従来の酸化物原料では、原料供給と結晶成長に600~1000°C程度の高温が必要となる。本研究では、有機液体原料及び成長促進剤を利用することで350°Cという低温でも比較的質の高いTMDC原子層が成長できることを見出した。TMDCを利用する三次元集積デバイスの実現に向けた、重要な要素技術になると期待される。また、原子層デバイスの大面積化や集積化を見据え、ガス原料を用いた原子層の成膜や位置制御成長に関する技術の蓄積を進めてきた[1]。高結晶化では、成長温度・原料供給の改良により高結晶性かつサイズの大きなTMDCヘテロ構造の作製に成功し、光励起多プローブ顕微鏡等を利用したキャリアダイナミクス計測が可能となった(図1)[2]。同様の試料を利用して励起子ダイナミクスやPNダイオードの特性評価を行い、TMDCヘテロ構造に特有の光・電子機能の検証を進めている。

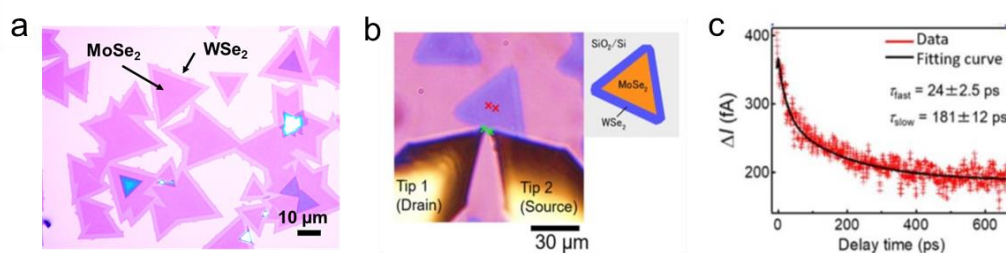


図. (a)化学気相成長により作製した単層 MoSe₂/WSe₂ 面内ヘテロ構造の光学顕微鏡写真。(b,c)プローブ探針を接触させ測定したヘテロ接合界面近傍での光励起キャリア緩和ダイナミクス。

【代表的な原著論文】

- [1] T. Irisawa, N. Okada, W. Mizubayashi, T. Mori, W.-H. Chang, K. Koga, A. Ando, K. Endo, S. Sasaki, T. Endo, Y. Miyata, “CVD Growth Technologies of Layered MX₂ Materials for Real LSI Applications -Position and Growth Direction Control and Gas Source Synthesis -” IEEE J. Electron Devices Soc., 6, 1159-1163, 2018
- [2] H. Mogi, Z. Wang, T. Banba, Y. Takaguchi, T. Endo, S. Yoshida, A. Taninaka, H. Oigawa, Y. Miyata, O. Takeuchi, H. Shigekawa, “Development of laser-combined scanning multiprobe spectroscopy and application to analysis of WSe₂/MoSe₂ in-plane heterostructure” Appl. Phys. Express 12, 045002-1-7, 2019

§ 2. 研究実施体制

(1)「首都大」グループ

- ① 研究代表者:宮田 耕充 (首都大学東京大学院理学研究科 准教授)
- ② 研究項目
 - ・MOCVD による原子層ヘテロ構造の連続合成
 - ・原子層へのドーピング技術の開発
 - ・原子層の位置・方位制御成長

(2)「産総研」グループ

- ① 主たる共同研究者:入沢 寿史 (産業技術総合研究所ナノエレクトロニクス研究部門 主任研究員)
- ② 研究項目
 - ・位置制御された TMDC 成長法の開発
 - ・3次元 LSI 用集積化プロセス開発
 - ・デバイス要素技術開発

(6)「大阪大」グループ

- ① 主たる共同研究者:森 伸也 (大阪大学大学院工学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・第一原理電子状態計算
 - ・バンド間トンネル透過確率の計算

(3)「名大」グループ

- ① 主たる共同研究者:北浦 良 (名古屋大学大学院理学研究科 准教授)
- ② 研究項目
 - ・MOCVD 装置の設計と開発
 - ・ヘテロ構造の成長とその基礎的評価

(4)「京大」グループ

- ① 主たる共同研究者:宮内 雄平 (京都大学エネルギー理工学研究所 准教授)
- ② 研究項目
 - ・光学測定装置の整備・構築
 - ・新奇原子層物質の光学キャラクタリゼーション
 - ・励起子ダイナミクスの解明と制御

(5)「筑波大」グループ

- ① 主たる共同研究者:吉田 昭二 (筑波大学大学院数理物質科学研究科 准教授)

② 研究項目

- 新しい STM 装置の構築
- 欠陥、ドーパントの原子スケール計測
- 光励起時間分解 STM による TMDC 原子層のキャリアダイナミクス計測