

# WS<sub>2</sub>/Mo<sub>1-x</sub>W<sub>x</sub>S<sub>2</sub> 単層ヘテロ接合の原子スケール STS 計測

## Atomic scale STS measurement on WS<sub>2</sub>/Mo<sub>1-x</sub>W<sub>x</sub>S<sub>2</sub> single layer heterostructure

○櫻田 龍司<sup>1</sup>, 吉田 昭二<sup>1</sup>, 小林 祐<sup>2</sup>, 茂木 裕幸<sup>1</sup>,

甲山 智規<sup>1</sup>, 宮田 耕充<sup>2</sup>, 武内 修<sup>1</sup>, 重川 秀実<sup>1</sup>(筑大物工<sup>1</sup>, 首都大<sup>2</sup>)

○Ryuji Sakurada<sup>1</sup>, Shoji Yoshida<sup>1</sup>, Yu Kobayashi<sup>2</sup>, Hiroyuki Mogi<sup>1</sup>, Tomoki Koyama<sup>1</sup>, Yasumitsu Miyata<sup>2</sup>, Osamu Takeuchi<sup>1</sup> and Hidemi Shigekawa<sup>1</sup> (Univ. of Tsukuba<sup>1</sup>, Tokyo. Metro. Univ<sup>2</sup>)

<http://dora.bk.tsukuba.ac.jp/>

MoS<sub>2</sub>、WS<sub>2</sub> などの遷移金属ダイカルコゲナイド (TMDS)は単原子層の直接遷移半導体であり、強い発光・光吸収、高移動度などの優れた特性に加え、円偏光パレー選択則などの新奇機能性を持つことからポストグラフェン材料として注目されている。さらに近年では、WS<sub>2</sub>-MoS<sub>2</sub> ヘテロ接合を面内または積層方向に作製することで pn 接合を形成するなど、多様な遷移金属とカルコゲン原子の組み合わせ、それら合金をベースとしたヘテロ接合によるバンドエンジニアリングが可能になってきている。今後、より複雑な構造をデザインし新たなデバイス機能を実現するためには合金・ヘテロ構造におけるバンドギャップ・バンドアライメントなどの局所バンド構造の計測・評価が必要不可欠となる。

今回我々は、STM/STS を用いてグラファイト上に CVD 成長した WS<sub>2</sub>/Mo<sub>1-x</sub>W<sub>x</sub>S<sub>2</sub> 単層ヘテロ構造の局所バンド構造を原子分解能で計測した。図 a に単層ヘテロ構造の STM 像を示す。層の内側に Mo リッチな Mo<sub>1-x</sub>W<sub>x</sub>S<sub>2</sub>、外側に W リッチな領域が形成されている。図 b に示したヘテロ接合界面近傍の STM 像は、Mo 原子が W 原子より明るく観測される条件で測定した結果で、原子レベルで急峻なヘテロ界面が形成されていることがわかる。また、高分解能像より組成比が求まるが、各領域の dI/dV スペクトルより、それぞれの組成比に対応したバンドギャップが得られているこ

とが確認され(Mo リッチ領域 : 2.58eV [W : Mo = 3 : 7]、W リッチ領域 : 2.71eV [W : Mo = 9 : 1])、伝導体、価電子帯のバンドオフセットからタイプ II 型ヘテロ接合の形成が確認された。さらに dI/dV スペクトルから得られる伝導体下端、および価電子帯上端のエネルギー位置の空間分布から、界面位置に対して非対称なポテンシャル勾配を持つ 6nm 幅の空乏層が確認された。さらに界面位置では 80 x 10<sup>6</sup> V/m に及ぶ強い電界が生じており、界面での高効率の電荷分離を実証するものである。以上、STM/STS 測定により、本試料の光電子デバイス特性の基礎的知見が得られた。

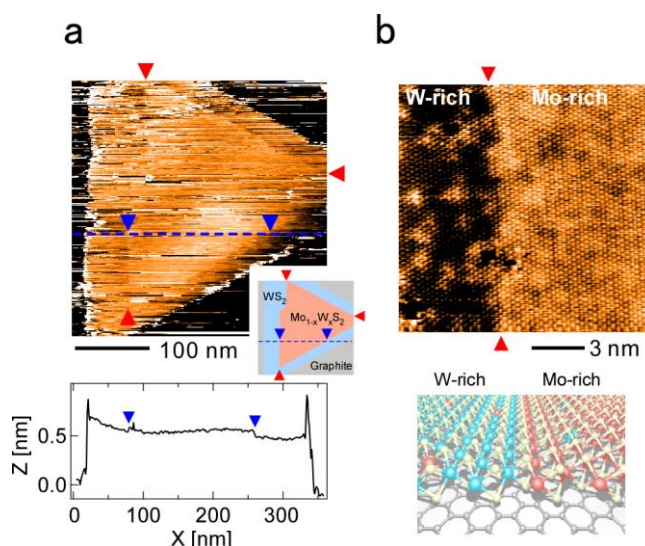


図 a WS<sub>2</sub>/Mo<sub>1-x</sub>W<sub>x</sub>S<sub>2</sub> 単層ヘテロ構造の STM 像(上)とラインプロファイル(下)

図 b ヘテロ接合界面近傍の STM 像(上)と模式図(下)