

機械的剥離法を用いた HfS_2 原子薄膜の作製と基礎物性の評価

Physical Properties of Atomically Thin HfS_2 Films Fabricated by Mechanical Peeling

○石川 篤^{1,2}、金澤 徹³、雨宮 智宏^{2,3}、鶴田 健二¹、田中 拓男^{2,4}、宮本 恭幸³

(1. 岡山大学院自然、2. 理研、3. 東工大院理工、4. 北大電子研)

○A. Ishikawa^{1,2}, T. Kanazawa³, T. Amemiya^{2,3}, K. Tsuruta¹, T. Tanaka^{2,4}, and Y. Miyamoto³

(1. Okayama Univ., 2. RIKEN, 3. Tokyo Inst. of Tech., 4. Hokkaido Univ.)

E-mail: a-ishikawa@okayama-u.ac.jp

1. 研究背景と目的

原子薄膜材料は、その2次元電子系に起因する特異な電子・光物性を示すため、次世代の電子光デバイスへの応用が期待されている^[1]。中でもグラフェンは、その高い電子移動度によりポストシリコン材料として注目されているが、そのままではバンドギャップを持たず、能動素子を実現する上での課題となっている。一方、 MoS_2 ^[2]や WS_2 ^[3]などの遷移金属カルコゲナイドは、その特異な電子物性に加え、近赤外～赤外領域に相当するバンドギャップを有する半導体原子薄膜であることから、ポストグラフェン材料として近年盛んに研究されている。

今回我々は、遷移金属カルコゲナイドの中でも、高い電子移動度($\sim 1,800 \text{ cm}^2/\text{Vs}$)とバンドギャップ幅($\sim 1.2 \text{ eV}$)が理論予測^[4]されている HfS_2 に着目し、その基礎物性について評価した。具体的には、機械的剥離法により原子数層からなる HfS_2 の単離に成功し、得られた薄膜について、AFM、顕微ラマン分光およびFETのIV特性評価を行ったので報告する。

2. 実験結果と考察

実験ではまず、厚み 285nm の熱酸化膜を有する $\text{p}^+\text{-Si}$ 基板上に、スコッチテープによる機械的剥離法を用いて、 HfS_2 の成膜を行った。AFMによる段差測定を行ったところ、得られた HfS_2 薄膜は、一層当たり1nm未満の原子数層から構成されていることがわかった。Fig. 1に示すのは、基板上に得られた HfS_2 薄膜の反射顕微鏡像とそのラマンスペクトルである。層数の違いによって異なる色相が見られ、これを基に原子数層と推測される領域の顕微ラマン測定を行ったところ、 330 cm^{-1} 付近の HfS_2 の明瞭なピークが得られた。また、試料位置④から⑥におけるCCDカメラのカウント数を測定したところ、層数の増加に応じてステップライクに光吸収が増加することがわかった^[5]。

次に、電子特性を評価するため、原子数層からなる HfS_2 をチャネルとするバックゲートFETを作製した。絶縁膜には、 $\text{p}^+\text{-Si}$ 基板上に

ALD法により堆積した厚み 75 nm の Al_2O_3 を用い、Drain/Source には、Ti/Au 電極を形成した (Fig. 2 図中)。Fig. 2 には、作製したFETのIV特性を示す。ゲート電圧印加によるドレイン電流の明瞭な変調動作が確認され、最大電流 $0.1 \mu\text{A}/\mu\text{m}$ @ $V_G = 40 \text{ V}$, $V_D = 5 \text{ V}$ が得られた。今後、デバイス応用に向けた HfS_2 の更なる物性評価と他組成材料についても検討する。

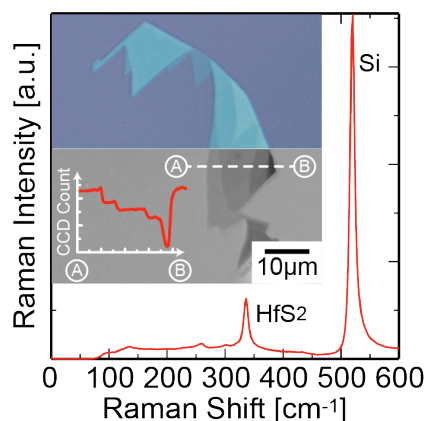


Fig. 1 Microscope image and Raman spectrum of HfS_2 flakes fabricated by mechanical peeling

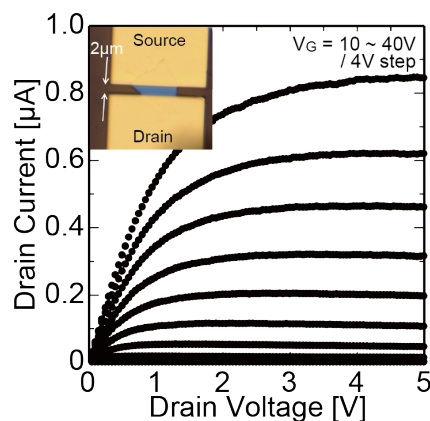


Fig. 2 I_D - V_D characteristics of HfS_2 FET

参考文献：

- [1] A. Ishikawa *et al.*, Appl. Phys. Lett. **102**, 253110 (2013).
- [2] B. Radisavljevic *et al.*, Nat. Nanotech. **6**, 147 (2011).
- [3] Z. Ye *et al.*, Nature **513**, 214 (2014).
- [4] C. Gong *et al.*, Appl. Phys. Lett. **103**, 053513 (2013).
- [5] R. R. Nair *et al.*, Science **320**, 1308 (2008).