

電気化学エッチングによる黒リンの輸送特性制御

Modulation of transport properties of black phosphorus by electrochemical etching

東大院総合文化¹ 東工大フロンティア研²○荒木友輔¹、佐藤洋平¹、片山裕美子¹、高橋敬成²、笹川崇男²、上野和紀¹Dept. Basic Science¹, Univ. Tokyo, MSL, Tokyo Tech²Araki Yusuke¹, Yohei Sato¹, Yumiko Katayama¹, Takanari Takahashi², Takao Sasagawa², Kazunori Ueno¹E-mail: araki-since-1993@e.ecc.u-tokyo.ac.jp

【研究背景】層状物質とは共有結合で作られた二次元シートがファンデルワールス力で三次元的に積み重なった物質群である。その中でもリンの同素体で層状構造をもつ黒リンは FET を用いて室温での移動度が $1000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を超えると報告されており¹⁾、バンド計算から原子数層の極薄膜にすることで、バンドギャップの値が 0.3 eV から 1.5 eV にまで増加することが報告されている²⁾。我々は黒リンを半導体層とした電気二重層トランジスタを作製し、電気化学エッチングにより原子数層の厚さにすることで、トランジスタ特性から評価したバンドギャップが 1 eV 以上に増加したことを報告してきた。^{3,4)} 今回、我々はホール測定が可能なホールバー形状の黒リン試料に電気二重層トランジスタを作製し、電気化学エッチングにより黒リンのデバイス特性、輸送特性が大きく向上したので報告する。

【結果】電子線リソグラフィにより 6 端子の Ti/Au 電極を作製した黒リン薄片にイオン液体 DEME-TFSI を用いて電気二重層トランジスタを作製した。ゲート電圧 $+2 \text{ V}$, 0 V , -2 V を印加した状態で四端子抵抗の温度依存性を測定したところ、ゲート電圧を下げるるとともに電気抵抗は大きく減少し、 $V_G = -2 \text{ V}$ では 2 K まで金属に近い伝導が得られた(Fig.1)。また、 150 K , 2 K におけるホール測定からゲート電圧の減少とともにホールの蓄積が起きており、その移動度は 150 K で $250 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 程度であった。次に、電気化学エッチングを二回行い、トランジスタ特性を評価した。Fig.2 に示すようにエッチングとともに閾電圧が負にシフトし、二回目のエッチング後はホール側のトランジスタ動作が得られなくなった。これはエッチングによりバンドギャップが増加したことを意味している。また電圧に対する電気伝導度の傾きはエッチングとともに増加した。この傾きは電界効果移動度に対応しており、一回目のエッチング後の電界効果移動度は $1000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を超えると算出された。n 型側の電界効果移動度もエッチングとともに増加し、バンドギャップが大きくなった状態でも高い電界効果移動度が得られた。発表ではエッチングによる移動度の変化やキャリア濃度について詳細に議論する予定である。

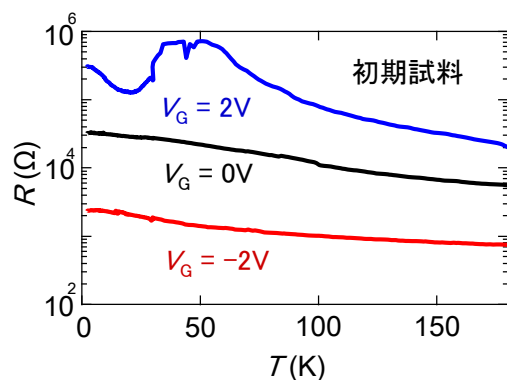


Fig.1 4 端子抵抗の温度依存性のゲート電圧依存性

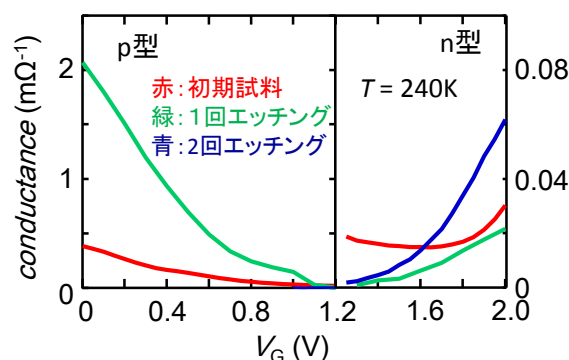


Fig.2 導通率のエッチング依存性

- 1) Likai Li, et al., Nature Nanotech. **9**, 372 (2014). 2) J.Qiao et.al., Nat. Commn. **5**, 4475 (2014).
 3) 佐藤ら、第 77 回応物学会, 13p-A25-3 (2016) 4) 佐藤ら、第 64 回応物学会, 15p-514-9 (2017)