

アルミナ薄膜封止による黒リン電界効果トランジスタの安定動作

Stable operation of black phosphorus field effect transistors by alumina thin film encapsulation

埼玉大院理工 ○中西 将毅, 上野 啓司

Saitama Univ. °Masaki Nakanishi, Keiji Ueno

E-mail: kei@chem.saitama-u.ac.jp

【序論】黒リンの単原子層である phosphorene は graphene 同様、単元素から成る層状物質であり、隣接するリン原子同士が sp^2 混成軌道により結合したハニカム構造を有する。Graphene とは異なり、phosphorene は 1.5 eV のバンドギャップを有することから、新たな半導体層状物質として注目されているが、大気中ではその表面は不安定であり、素子応用には更なる工夫が必要とされている。前回の応物では、Nilges らにより報告された気相成長法による黒リン単結晶合成法^[1]の追試と、機械的剥離法による電界効果トランジスタ (FET) 素子形成について報告した^[2]。今回は黒リン薄片 FET 素子を封止することにより、大気中での長時間安定動作実現を試みた。

【実験】気相成長法により合成した黒リン単結晶から機械的剥離法により得た薄片を、 $SiO_2(285\text{ nm})/p^{++}\text{ Si}$ 基板上に転写し、フォトリソグラフィにより電極パターンを形成した後、電極として Au をスパッタ蒸着することで FET 素子を作製した。さらに作製した素子をパリレンまたはアルミナ薄膜により封止した。パリレン膜は dix C ダイマーを原料とする化学気相成長法、アルミナ薄膜はトリメチルアルミニウムと水を原料とする原子層堆積法 (ALD) により形成した。

【結果・考察】Fig.1 に FET 素子の動作特性測定前後における素子の光学顕微鏡像を示す。封止処理を施さなかった素子では測定によるチャネル部の黒リン消失が観察された。パリレン封止では黒リンの消失を完全には抑制できず、FET は安定動作しなかった。一方、約 30 nm のアルミナを ALD 成長して封止した素子では黒リンの変化はほぼ見られず、FET の安定動作が実現した。現在までに Fig. 2 に示すような、正孔移動度 $17.2\text{ cm}^2/\text{Vs}$, On/Off 比 81 の FET 素子が得られている。

[1] M. Köpf, N. Eckstein, D. Pfister, C. Grotz, I. Krüger, M. Greiwe, T. Hansen, H. Kohlmannnc, and T. Nilges: J. Cryst. Growth. **405**, 6-10 (2014).

[2] 中西将毅, 上野啓司: 2015 年第 76 回応用物理学会秋季学術講演会 16a-PA2-28.

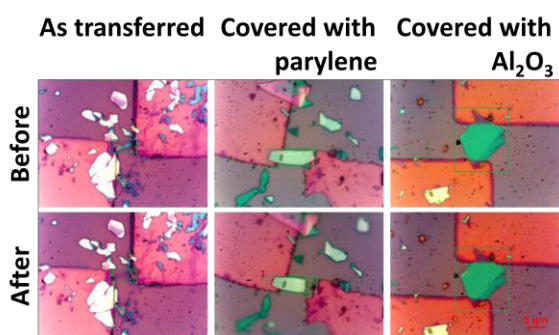


Fig.1 Optical microscope images of phosphorene channel before and after the FET measurement.

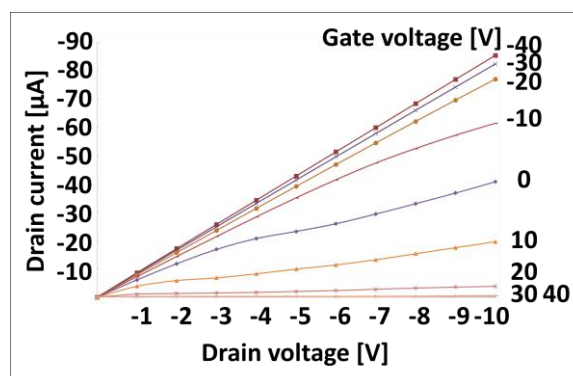


Fig.2 Output characteristics of phosphorene FET covered with Al_2O_3 .