

HMDS 処理による黒リンの表面安定化の検討

Passivation of Black Phosphorous via the HMDS Treatment

関西大院理工¹, [○](M1)小田 太一¹, 稲田 貢¹, 山本 真人¹

Kansai Univ.¹, [○]Taichi Oda¹, Mitsuru Inada¹, Mahito Yamamoto¹

E-mail: k661355@kansai-u.ac.jp

層状半導体の一種である黒リンは、室温で $5000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ を超える高い移動度を示し、また層数によってバンドギャップを 0.33 eV から 2.0 eV まで大きく変調できることから、電界効果トランジスタ (FET) や太陽電池など様々なデバイスへの応用が注目されている。しかし、黒リンは表面が水や酸素と容易に反応してしまうため、大気中において黒リンデバイスを安定動作させることは困難であった。そこで本研究では、Si ウェハの疎水化において一般的に利用されるヘキサメチルジシラザン(HMDS)を用いて、黒リンの表面安定化を試みた。

黒リンはバルク単結晶から Si/SiO₂(285 nm)基板上に大気中において機械剥離した。黒リンを機械剥離後、基板を真空中で 200°C において HMDS 蒸気に 2 時間曝した。その後、フォトリソグラフィと抵抗加熱蒸着装置を用いて黒リン上に Ni/Au 電極を形成し、Si をバックゲート電極とする黒リン FET を作製した(Figs. 1a and b)。そして、作製した黒リン FET を暗所、室温、低湿度環境(10 ~ 30 %RH)において大気曝露させた後、真空中($\sim 10^{-2} \text{ Pa}$)、室温で電気伝導特性を調べた。

Figure 1c は、HMDS 表面処理した黒リン FET の大気曝露時間ごとのドレイン電流(I_d)ーゲート電圧(V_g)特性を示したものである。HMDS 表面処理した黒リン FET は大気曝露に伴い電流が単調に減少しているものの、過去の研究で報告された表面未処理の黒リン FET に比べると[1]、大気曝露に伴う電流の減少率が大幅に抑制されていることが分かった。また、10 日間以上の大気曝露後も 4 桁のオン・オフ比と $100 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ を越える移動度が保たれていることが分かった。本研究結果は、HMDS 表面処理を用いることで黒リンの表面酸化反応を効果的に抑制できることを示しており、今後の黒リンのデバイス応用において重要な知見となるものである。

謝辞: 本研究の遂行にあたり、株式会社村田製作所中川原修博士より多くの有益な助言を頂きました。また、実験で使用した黒リン試料はラサ工業株式会社よりご提供いただきました。ここに深く感謝の意を表します。

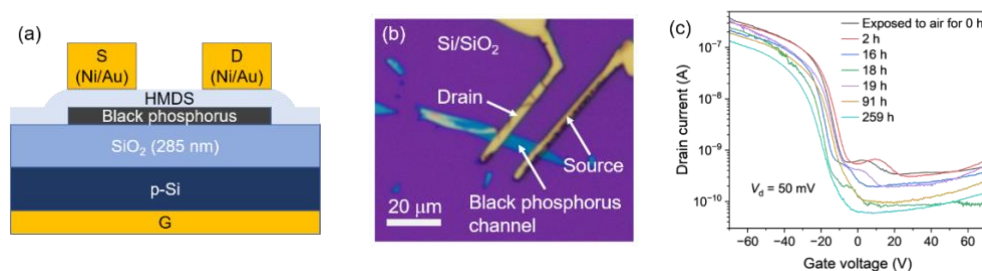


Figure 1. (a) and (b) Schematic and optical images of a FET based on black phosphorus (BP) treated with the HMDS vapor. (c) I_d - V_g characteristics of the BP FET after exposure to air from 0 to 259 hours.

[1] J. D. Wood *et al.*, Nano Lett., 14, 6964-6970, 2014.