

黒リンの常圧における単結晶育成とその物性評価 (II)

Crystal Growth of Black Phosphorus at Ordinary Pressure and its Physical Properties (II)



°高橋 敬成、並木 宏允、笹川 崇男 (東工大応セラ研)

°Takanari Takahashi, Hiromasa Namiki, and Takao Sasagawa
(MSL, Tokyo Institute of Technology)

E-mail: takahashi.t.bt@m.titech.ac.jp

2次元層状物質である黒リンはバルクで0.3 eVのバンドギャップを有し、モノレイヤーに近づくとも2.0 eVまで上昇する。また等方圧力や電界を印加することによってバンドギャップが小さくなり、半導体-金属転移することも知られている。このようにバンドギャップが制御可能であり、さらにそのバンドは直接遷移型であることから、ポスト・グラフェン物質候補として高速デバイスや発光素子への応用が期待される。加えて、グラフェンを台形波状に折り曲げたような結晶構造を有し、それに起因する大きな異方性が面内方向にも存在する。

従来、黒リンの結晶は高压合成やフラックス法等、複雑な過程で育成されてきたが、我々は鉍化剤と呼ばれる触媒的な働きをする物質の共存下で高压装置を用いずに結晶育成できるという報告[1,2]に着目した。前回、同様な方法による結晶育成の成功を報告した[3]。

今回、異なる条件で育成した結晶についての物性評価に取り組んだ。石英管内に赤リンに加えSn-Au-I成分の鉍化剤を共存させ封管したものを熱処理することで、高压合成とは異なり大面積の結晶がfree-standingで成長していることが確認できた。またAuを用いずにSn-I成分のみの鉍化剤でも、単結晶育成に成功した。c軸方向の電気抵抗率は50 K以上の温度域で、Sn-I系の方が高かった(図1)。一方、ホール測定からキャリア濃度の評価を行ったところ、両者ともに正孔がキャリアで、Sn-I系では $6\sim 7\times 10^{17}\text{ cm}^{-3}$ であるのに対し、Sn-Au-I系では $1\sim 2\times 10^{17}\text{ cm}^{-3}$ に減少していることがわかった。そのためホール移動度は、Sn-I系に比べてSn-Au-I系の方が優れていた。室温において正孔キャリアの場合、Siが $450\text{ cm}^2\text{ V}^{-1}\text{ s}^{-1}$ であることから、Sn-Au-I系の $1000\text{ cm}^2\text{ V}^{-1}\text{ s}^{-1}$ を超えていることは注目に値する(図2)。

[1] T. Nilges *et al.*, *J. Solid State Chem.* **181**, 1707 (2008).

[2] M. Köpf *et al.*, *J. Cryst. Growth* **405**, 6 (2014).

[3] 高橋ら, 第76回応用物理学会秋季学術講演会, 13a-2R-4 (2015).

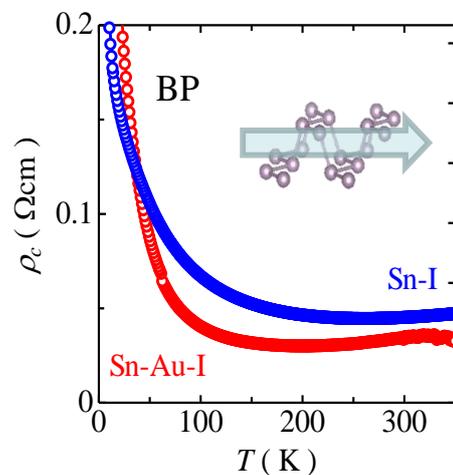


Fig. 1 Temperature dependence of resistivity along the *c*-axis in single crystals of black phosphorus.

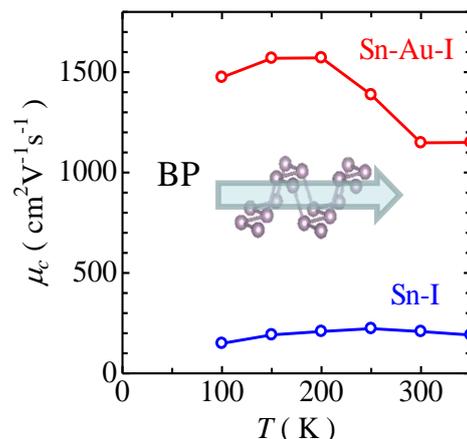


Fig. 2 Temperature dependence of hole mobility along the *c*-axis in single crystals of black phosphorus.