

ホウ素添加によるグラファイト状窒化炭素のワイドギャップ半導体化

Boron incorporation into graphitic carbon nitride for wide bandgap semiconductor

信州大学¹, 信州大学カーボン科学研究所² 小坂 舞人¹, 浦上 法之^{1,2}, 橋本 佳男^{1,2}

Shinshu Univ.¹, Shinshu Univ. Institute of Carbon Science and Technology.²,

Maito Kosaka¹, Noriyuki Urakami^{1,2}, Yoshio Hashimoto^{1,2}

E-mail: urakami@shinshu-u.ac.jp

グラファイト状窒化炭素($g\text{-C}_3\text{N}_4$)は層状物質であり、安価かつ容易に得ることができる環境に調和する炭素系機能性材料の1つである。 $g\text{-C}_3\text{N}_4$ の研究対象の殆どは稀少金属を用いない光触媒に関するものであるが、近年では半導体材料としての取り組みが幾つかあり電気的および光学的特性が調べられている[1,2]。それに加えて我々は、異種元素の添加による $g\text{-C}_3\text{N}_4$ のバンドギャップエネルギーを変調することを提案しておりその機能性展開を目指している[3]。本発表では、ホウ素(B)添加により $g\text{-C}_3\text{N}_4$ のワイドギャップ半導体化を実証し、その添加機構の解明を目的とした。

すべての試料は電気炉およびリボンヒーターにより構築された2ゾーン熱化学気相堆積装置により、c面サファイア基板を用いて作製した。 $g\text{-C}_3\text{N}_4$ およびBの前駆体として、メラミン($\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$)粉末およびアンモニアボラン($\text{H}_3\text{N-BH}_3$)粉末をそれぞれ用いた。基板は電気炉により加熱し、その温度を600-700°Cの範囲で変化させた。メラミン粉末は電気炉における温度勾配のある位置に配置し、400°Cで加熱した。アンモニアボランはリボンヒーターにより加熱し、140°Cと固定した。各試料の相対化学組成比は、図1に示す様なX線光電子分光(XPS)分析における各元素(B1s, C1s, N1s)の積算信号強度比から見積もった。

図2にB添加 $g\text{-C}_3\text{N}_4$ 試料のXPS分析から見積もった相対的な各化学組成比を示す。基板温度が610°Cの時はB添加はみられず $g\text{-C}_3\text{N}_4$ 膜が作製された。基板温度を650°Cまで増加させることでB組成は単調に増加しC組成は減少した。その一方で基板温度を700°Cからまで増加させることでBおよびN組成は減少しC組成は極端に増加した。この温度範囲においては基板温度の増加につれて $g\text{-C}_3\text{N}_4$ の面内構造であるC-Nネットワークの解離により成長速度が極端に低下することが分かっている。これらの結果から、 $g\text{-C}_3\text{N}_4$ へのB添加を実現するためにはC-Nネットワークの局所的な解離を利用することが重要であることが分かった。

[謝辞] 本研究は、公益財団法人村田学術振興財団および一般財団法人信州大学工学部若里会の支援を受けて行われた。

[参考文献] [1] S. Fujita *et al.*, Diam. Relat. Mater. **65**, 83 (2016). [2] N. Urakami *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **58**, 010907 (2019). [3] M. Kosaka, N. Urakami *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **57**, 02CB09 (2018).

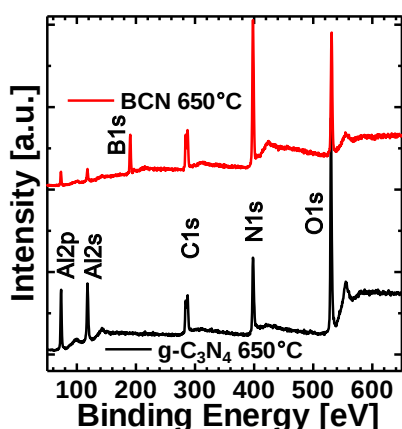


Figure 1. Whole spectrum of XPS analysis for $g\text{-C}_3\text{N}_4$ film and B incorporated $g\text{-C}_3\text{N}_4$ (BCN) film. Only several peaks originated from films and the substrate were detected.

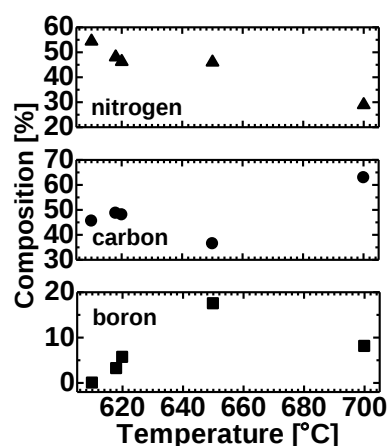


Figure 2. Substrate temperature dependence of compositions for B incorporated $g\text{-C}_3\text{N}_4$ (BCN) films. The temperature of ribbon heater (ammonia borane) was fixed at 140 °C.