

光電子分光法を用いた N-doped a-C の電荷状態の解析

Characterization of N-doped a-C Thin Films using Photoelectron Spectroscopy

電通大先進理工専攻¹, 電通大国際交流センター²

○村田悠馬¹, 市原彦彦¹, 中山廉平¹, 小野洋¹, Cheow-keong Choo², 桑原大介¹, 田中勝己¹

Graduate School of Informatics and Engineering, Univ. of Electro-Communications¹,

Center for International Programs and Exchange, Univ. of Electro-Communications²

○Y. Murata¹, I. Fumihiko¹, N. Renpei¹, H. Ono¹, C-K. Choo², K. Daisuke¹, K. Tanaka¹

E-mail: murata@tanaka.ee.uec.ac.jp

1 序論

DLC(Diamond-like carbon) は sp^3 結合炭素, sp^2 結合炭素, 水素が混在したアモルファス炭素薄膜 (amorphous Carbon: a-C) である. 我々は DLC の半導体としての応用展開を目指し, 炭化水素の熱分解を利用した安全・安価・簡便な独自の作製方法”大気圧熱分解法”[1] を発展させてきた. 本作製法による DLC は sp^2 炭素が多く, 電気的に金属的な性質であるため, 窒素添加による sp^3 炭素の増加を期待し, DLC のバルク的な半導体としての性質の実現をこれまで目指してきた. 秋季応用物理学会学術講演会 [2] では, 窒素添加による抵抗率, 光学バンドギャップの増加から DLC の半導体化に期待できる結果と固体 NMR, NO 吸着実験より構造と表面状態に関して報告した. DLC において, その半導体的な特性は炭素の sp^3/sp^2 結合比, 水素量, 価電子帯の電子状態によって特徴付けられるとともに, その表面状態に関する知見を得ることは必要不可欠である. 光電子分光法では, 物性を特徴付ける表面の電荷状態および母材の炭素 (Bulk C-C) に及ぼす N の影響を評価することができる.

本研究では, DLC の半導体機能探索として, 光電子分光法 (XPS, UPS) を用いて DLC における Bulk C-C への N の影響と表面の電荷状態を調べることを目的とした.

[1] 特許第 5002803 号, 特許 5240978 号 (飯島, 中村, チュウ, 田中)

[2] 村田悠馬 他, 秋季応用物理学会学術講演会 18p-D1-14 (2013 年 9 月), 19a-PB1-3 (2014 年 9 月), 15a-4F-4(2015 年 9 月)

2 実験方法

管状電気炉内で, $CH_4+Ar(1:9)$ 混合ガス, NH_3 ガスを大気圧下で熱分解させ, 窒素含有量の異なる N-doped DLC 薄膜を作製した. 光電子分光法から得られた $C1s$, $N1s$ スペクトルより, C-N 結合状態と Bulk C-C に及ぼす N の影響を調べた.

3 実験結果・考察

窒素量増加に伴い, $C1s$ は高結合エネルギー側へのシフトとともに半値幅が増加した. これは窒素添加の増加に伴う C-N 結合の化学シフトであることを示している [3]. ここで $C1s$ の高結合エネルギー側へのシフトは, 直接窒素と結合していない Bulk C-C への N による電荷移動, 半値幅の増加は直接結合した C-N 結合を反映していると考えられる. これらの観点より, N-dope から Non-dope の $C1s$ 差スペクトルをとり, 炭素に対する窒素の影響を考察した. $C1s$ 差スペクトルは, 主に三つの成分をもち, $N1s$ の評価より, $C1s$ は Bulk C-C (charge-transferred $C^{\delta+}$ by N), Graphitic $C^{\delta+}$ -N, pyridinic $C^{\delta\delta+}$ -N or sp^3 C-N の主に三つの成分から構成されることを示した.

[3] A. Mansour *et al.*, Phys. Rev. B **47**, 10201 (1993).

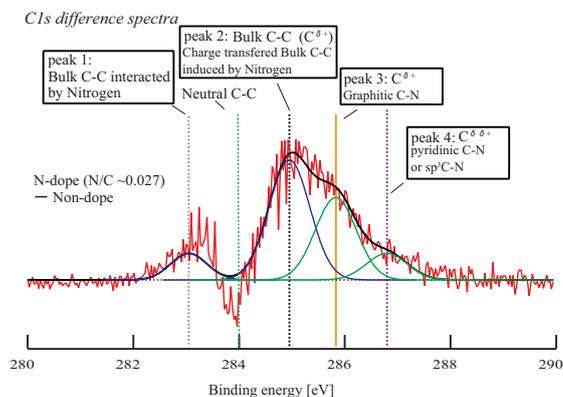


Fig.1. XPS $C1s$ difference spectrum.

4 結論

光電子分光法により, N による Bulk C-C の電荷状態への影響および C-N 結合状態に関する知見を得た. 2次元構造をもつグラフェンへの窒素添加とは異なり, アモルファスな3次元構造の DLC においては窒素は Bulk C-C への影響ももつと考察される. このことは, 大気圧熱分解法による窒素の添加量の違いやその物性と関連付けられる.