

# 同軸型アークプラズマ堆積法により成膜した超ナノ微結晶ダイヤモンド/ 水素化アモルファスカーボン混相膜の窒素添加効果 Effect of nitrogen-doping on Ultrananocrystalline diamond/hydrogenated amorphous carbon composite films prepared by coaxial arc plasma deposition

○儀間弘樹<sup>1</sup>, 片宗優貴<sup>2</sup>, 大谷亮太<sup>3</sup>, 小泉聡<sup>3</sup>, 吉武剛<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 九大院総理工, <sup>2</sup> 九工大, <sup>3</sup> 物材研)

○Hiroki Gima<sup>1</sup>, Yūki Katamune<sup>2</sup>, Ryota Ohtani<sup>3</sup>, Satoshi Koizumi<sup>3</sup>, and Tsuyoshi Yoshitake<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Kyushu Univ., <sup>2</sup>Kyutech., <sup>3</sup>NIMS)

E-mail: [hiroki\\_gima@kyudai.jp](mailto:hiroki_gima@kyudai.jp)

【1. 緒言】超ナノ微結晶ダイヤモンド/水素化アモルファスカーボン混相膜(以下 UNCD/a-C:H)は粒径 10 nm 以下のダイヤモンド微結晶が a-C:H 中に内在する構造をもち、近年、新規ダイヤモンド系材料として注目されている[1]. 特長としてダイヤモンドとその粒界が起因とされる物性(例えば、紫外・可視光受光)が顕著に現れることが挙げられる[2]. 我々は物理気相成長法(PVD 法)により UNCD/a-C:H 膜成長に取り組んできた[3]. 異種元素添加によりその物性制御も実験的に実現できており[4], 受光素子や硬質皮膜への応用が期待できる[2, 5]. 特に、最近では、産業应用到に有利な特徴をもつ同軸型アークプラズマ堆積法(CAPD 法)に着目して UNCD/a-C:H の作製を行っており、これまでに窒素添加 UNCD/a-C:H 膜による電気伝導付与を確認している[6, 7]. しかしながらその値は  $10^{-3}$  S/cm 台と低い値であり、電子素子としての応用には広い範囲での電気伝導制御が必要となる。よって、本研究では、成膜時の窒素流量が膜の電気伝導特性に及ぼす影響を調べた。

【2. 実験方法】UNCD/a-C:H 膜の作製には同軸型アークプラズマ堆積法を用いた[6]. 窒素ドーピングは成膜時にチャンバー内に窒素ガスを導入することで行い、窒素および水素の流量比( $I_{N/H}$ )は 0, 0.25 と 1.50 とした。膜中の窒素量は光電子分光法により評価し、電気伝導度は Van der Pauw 法により測定した。伝導型は熱起電力法により判別した。また、膜中の化学結合状態は吸収端近傍 X 線微細構造(NEXAFS)により解析し、水素量は FTIR により見積もった。

【3. 結果と考察】Figure 1 に雰囲気ガス流量比、膜中窒素量と電気伝導度の関係を示す。流量比増加に伴い両者の値が上昇する傾向を得た。Figure 2 に電気伝導度の温度依存性を示す。全ての膜において、温度上昇に伴い電気伝導度が上昇しており、半導体としてふるまっていることがわかる。この結果により算出される活性化エネルギーは約 100 meV であり、その値は窒素添加量上昇に伴い小さくなった。また、この値は温度上昇と共に増加することから(Fig. 3), Variable Range Hopping 伝導が優勢であることが示唆される。

【4. 結論】同軸型アークプラズマ堆積法により作製した UNCD/a-C:H 膜の窒素添加効果を電気特性および膜構造の観点から評価した。窒素添加量増大に伴い電気伝導度が上昇していることを示した。その他膜構造との関係については学会当日に報告する。

【謝辞】本研究の実験は、九州シンクロトロン光研究センターの承認を受けて SAGA-LS のビームライン BL12 及び BL15 で行った(課題番号: 1204044S)。また、第一筆者は Kyushu University Advanced Graduate Program in Global Strategy for Green Asia および the Kyushu University Platform of Inter /

Transdisciplinary Energy Research の支援を受けている。

[1] O. A. Williams, *Diamond Relat. Mater.* **17**, 1080 (2008). [2] S. Ohmagari *et al.*: *APEX* **5**, 065202 (2012). [3] S. Ohmagari *et al.*: *JJAP* **51**, 090123 (2012). [4] Y. Katamune *et al.*: *JJAP* **52**, 065801 (2013). [5] H. Naragino *et al.*: *JJAP* **55**, 030302 (2016). [6] H. Gima *et al.*: *APEX* **10**, 015801 (2017). [7] 儀間 他, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 04-092 (2016).

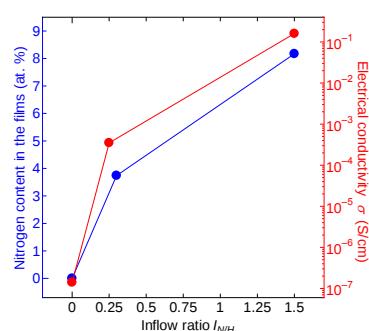


Fig. 1. Relation of nitrogen content in the films and electrical conductivity.

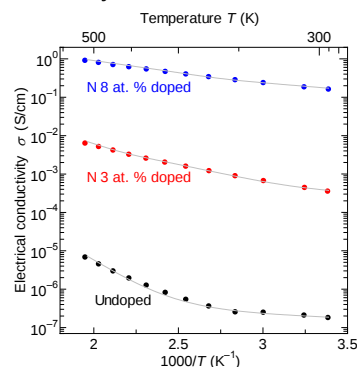


Fig. 2. Temperature dependence of nitrogen-doped UNCD/a-C:H films.

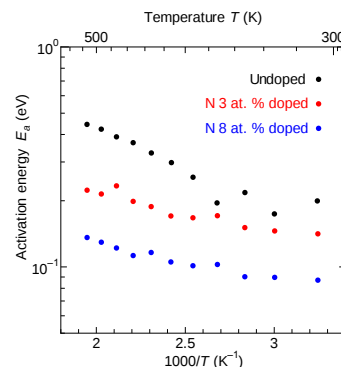


Fig. 3. Activation energy ( $E_a$ ) versus invers of temperature plot.