

非平衡プラズマを用いたサイズ制御したカーボンナノ粒子の連続作製と堆積

Non-equilibrium plasmas for continuous production of size-controlled carbon nanoparticles and their deposition

九州大学¹, 自然科学研究機構² ○古閑一憲^{1,2}, 黄成和¹, 石川健治¹, Pankaj Attri¹,
松尾かよ¹, 山下大輔¹, 板垣奈穂¹, 鎌滝晋礼¹, 白谷正治¹

Kyushu Univ.¹, National Institutes of Natural Sciences² ○Kazunori Koga^{1,2}, Sung-Hwa Hwang¹,

Kenji Ishikawa¹, Pankaj Attri¹, Kayo Matsuo¹, Daisuke Yamashita¹,

Naho Itagaki¹, Kunihiro Kamataki¹, and Masaharu Shiratani¹

E-mail: koga@ed.kyushu-u.ac.jp

ナノ粒子の作製とこれを用いたナノコンポジット膜の堆積では、サイズ・構造制御と凝集制御したナノ粒子の堆積が重要課題となる。現在までに筆者らは、非平衡プラズマ中のナノ粒子生成機構について研究し、シランプラズマ中のナノ粒子の一貫した成長モデルを構築することに成功している[1,2]。本研究では、機械部品の保護膜としてだけではなくバイオ応用や半導体応用にも利用が期待されているカーボン材料に着目しカーボンナノ粒子の作製と堆積について検討している。本発表では、筆者らが開発したマルチホロー放電プラズマ CVD 法を用いたカーボンナノ粒子のサイズ制御と堆積について報告する。

マルチホロー放電プラズマ CVD 法では、直径 5 mm のホロー穴の中でプラズマが生成し、ナノ粒子がプラズマ中で発生・成長する。ナノ粒子はガス流により下流領域へと輸送しプラズマ領域外では成長が止まることでサイズ制御したナノ粒子が連続して生成可能である。実験に用いたガスは Ar 希釈した CH₄ で、ガス流量比を 6 : 1 とした。ガス圧力は 1 Torr から 5 Torr とした。基板をプラズマから 10 cm 離れた下流領域に設置してナノ粒子を堆積した。TEM を用いて評価した堆積したナノ粒子サイズ（直径）のプラズマ中のガス流速依存性を評価した結果を図 1 に示す。全ガス流量とガス圧力のいずれをパラメータとした場合にもナノ粒子サイズは同じガス流速依存性を示している。この結果は、プラズマ中にナノ粒子が滞在する時間がナノ粒子サイズ制御の重要パラメータであることを実験的に示したものである。また、基板への正バイアスにより、サイズが 5 nm のカーボンナノ粒子の堆積に成功した。この結果は、基板前面の電場は帯電ナノ粒子の堆積制御に重要であることを示している。加えて作製したナノ粒子の堆積状況の放電時間依存性から、放電時間はナノ粒子含有膜中のナノ粒子堆積の重要パラメータの一つであることを明らかにした。この技術を用いてアモルファスカーボン膜の物性制御を試みた結果の詳細については学会にて報告する。

[1] W.M. Nakamura, et al., J. Plasma Fusion Res. **8**, 736 (2009).
[2] S-H. Hwang, et al., J. Plasma Fusion Res. **14**, 4406115 (2019)

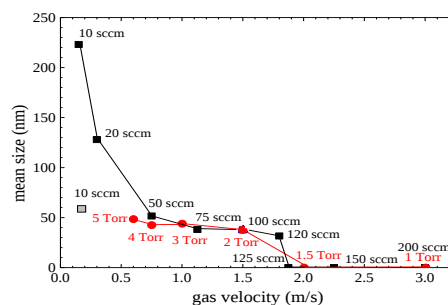


図 1. ガス流量 (■印) およびガス圧力 (●印) をパラメータとした堆積ナノ粒子サイズのガス流速依存性。