

プラズマ生成前駆体制御による単分散ナノ粒子合成

Monodisperse Nanoparticle Production by Controlling Precursors Generated in Plasma

九州大学¹, 自然科学研究機構² °古閑 一憲^{1,2}, 鎌滝 晋礼¹, 白谷 正治¹

Kyushu Univ.¹, NINS², °Kazunori Koga^{1,2}, Kunihiro Kamataki¹, and Masaharu Shiratani¹

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

ナノ粒子合成のみならずナノ構造物を作製するための重要プロセスとして期待を集める反応性プラズマは、①ドライプロセスによる不純物混入の低減、②非平衡プロセスによる、堆積ナノ粒子膜の広ダイナミックレンジでの構造制御、③帯電を利用した凝集制御の特長を持つ。筆者等はプラズマ中ナノ粒子をナノ構造物のモデルと考えて、その発生・成長機構を検討し一貫したモデルの構築に成功し、ナノ粒子の平均サイズ、構造、輸送制御に成功している[1-5]。

筆者等は近年、プラズマ中ラジカル密度を摂動した場合のナノ粒子の生成を調べ、摂動強度の増加とともにナノ粒子サイズ分布が狭分散化することを明らかにした[6]。具体的には容量結合型プラズマ生成装置に Si 系材料ガスを導入し、放電電極への印加電圧を振幅変調することで、材料ガスの電子衝突解離で生成した前駆体ラジカル密度に摂動を加えた[7]。ナノ粒子の計測には 2 次元レーザー散乱法を用いた[8]。ナノ粒子の核発生レートは、ラジカル密度（または電子密度）の 4 乗に比例するため、ラジカル密度の摂動により、プラズマ中核発生密度が増加したと考えられる。ナノ粒子の核密度増加によりナノ粒子とラジカルの結合頻度が増加することで、ラジカルを介したプラズマとナノ粒子の相互作用が主要成長プロセスの 1 つとなりサイズ分布制御につながったと考えられる。ラジカルとナノ粒子の結合による相互作用の存在を確認するため、プラズマ中ナノ粒子量の変動のスペクトル解析を行い、理論的検討で予想された摂動の基本周波数の 3/5 の揺動が発生している事、またこの揺動が非線形結合であることを明らかにした。

これらの結果は、プラズマ中で発生する多様な粒子（電子・イオン・前駆体ラジカル）とナノ構造物の結合の精密な制御が従来法の制限を超えた精密構造制御を可能とすることを示している。

[1] M. Shiratani et al., Jpn. J. Appl. Phys., 39 (2000) 287.

[2] K. Koga et al., Appl. Phys. Lett., 77 (2000) 196.

[3] Y. Watanabe, J. Phys. D, 39 (2006) R329.

[4] T. Takeya et al., Thin Solid Films 506-507 (2006) 288.

[5] K. Koga et al., J. Phys. D, 40 (2007) 2267.

[6] M. Shiratani et al., Jpn. J. Appl. Phys. 53 (2014) 010201.

[7] K. Kamataki, et al., Appl. Phys. Express 4 (2011) 105001.

[8] S. Nunomura, et al., J. Appl. Phys. 99 (2006) 083302.