

振幅変調放電プラズマ中の ナノ粒子成長初期におけるナノ粒子量の時空間分布

Time and space profiles of nano-particle amount
in their initial growth in amplitude modulated discharge plasmas

九大院システム情報¹, 九大基幹教育院², PRESTO JST³

○古閑一憲¹, 森田康彦¹, 内田儀一郎¹,

鎌滝晋礼², 徐鉉雄¹, 板垣奈穂^{1,3}, 白谷正治¹

Kyushu Univ., [○]K. Koga, Y. Morita, G. Uchida,

K. Kamataki, H. Seo, N. Itagaki, and M. Shiratani

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

プラズマを用いたナノ材料・ナノ構造の創成は ULSI 作製等のトップダウンプロセス、カーボンナノチューブ作製等のボトムアッププロセスに広く用いられており、ナノ構造創成法として今後も中心的役割を果たすと期待される。このようなプラズマナノテクノロジーではプラズマとナノ界面の相互作用が本質的に重要である。本研究は、ナノ粒子をナノ界面モデルとして用い、プラズマとナノ界面の相互作用を解明することを目的としている。現在までに筆者等は、プラズマの揺らぎとナノ構造の揺らぎとの相関を明らかにする意図で、振幅変調放電プラズマを用いてナノ粒子成長に対するプラズマ揺らぎの影響を調べ、プラズマ揺らぎがナノ粒子のサイズ分布等を変えることを示した[1, 2]。今回は 2 次元レーザー散乱法[2]を用いて、ナノ粒子成長初期におけるナノ粒子量の時空間分布を測定し、ナノ粒子の初期成長に対する変調周波数の影響を調べた。

実験には容量結合型放電プラズマ CVD 装置を用いた。直径 60mm の放電電極と接地電極を 20mm 間隔で装置中央に設置した。Ar と DM-DMOS($\text{Si}(\text{CH}_3)_2(\text{OCH}_3)_2$)をそれぞれ、ガス流量 40 sccm, 0.2 sccm で装置内に導入し、圧力 1.0 Torr とした。周波数 60 MHz、放電電力 50 W の高周波電圧を放電電極に印加しプラズマを生成した。放電電力に正弦波の振幅変調を加え、変調周波数は、5Hz と 500 Hz とした。厚さ 3mm、幅 16mm のシート状レーザー(入射パワー 2.0 W, 波長 532 nm)を電極間に入射して、ナノ粒子からの 90 度レーリ散乱光を干渉フィルター付高速度カメラ(撮影速度 5000fps、Photoron FASTCAM SA4)で計測した。

図 1 に、変調周波数 5 Hz と 500 Hz の場合の、ナノ粒子成長初期(放電開始後 1.7 s 頃)におけるレーザー散乱光強度の変調 1 周期分のスナップショットを示す。放電空間に広く存在する弱い散乱光とともに、山形の強い散乱光が存在する。放電時間の経過とともに山形の領域は広がり接地電極に到達する。変調周波数 5 Hz の場合、振幅変調に同期して山形のナノ粒子量の分布が変動している。これに対して、変調周波数 500 Hz では、変調周波数と同期したナノ粒子量の分布の変化は見られない。これは、ナノ粒子の慣性により、ナノ粒子群が 500Hz のプラズマの摂動に追従できないことを示している。また 500Hz は 5Hz に比べてナノ粒子が放電領域に広く分布しており、変調周波数によりナノ粒子が成長する領域が変化していることを示している。

本研究の一部は、文部科学省新学術領域研究の助成を受けて実施した。

参考文献

- [1] K. Kamataki, *et al.*, APEX **4** (2011) 105001.
[2] K. Kamataki, *et al.*, J. Instrument. **7** (2012) C04017.

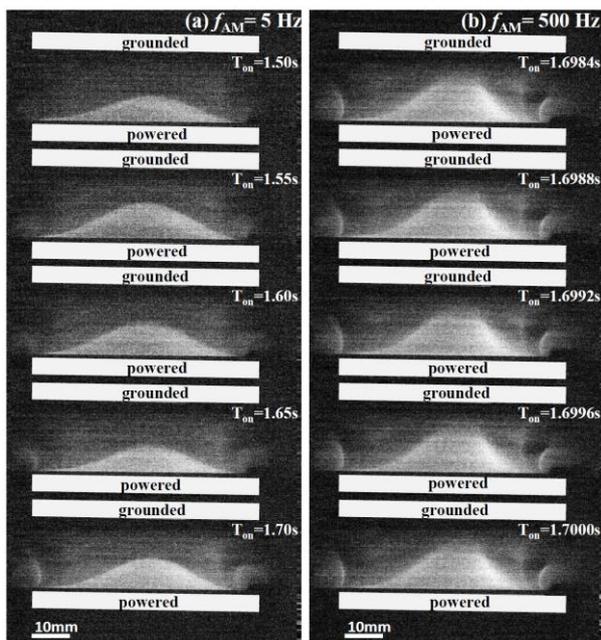


図 1: ナノ粒子生成初期におけるレーザー散乱光強度分布の変調 1 周期分のスナップショット。(a) 変調周波数 5Hz、(b) 変調周波数 500Hz。