

AM 変調反応性プラズマにおけるナノ粒子成長揺動に関する時空間情報解析
 Spatio-temporal Information Analysis of Fluctuation of Growth of Nanoparticles in
 Amplitude Modulated Reactive Plasma

九大シス情 ◯鎌滝 晋礼, (M1)田中 颯, 山下 大輔, 板垣 奈穂, 古閑 一憲, 白谷 正治

Kyushu Univ., ◯Kunihiro Kamataki, Hayate Tanaka,

Daisuke Yamashita, Naho Itagaki, Kazunori Koga and Masaharu Shiratani

E-mail: kamataki@plasma.ed.kyushu-u.ac.jp

IoT の普及などを背景に近年の半導体デバイスの高性能化のために、従来の微細化の進展が鈍化する一方で、3次元スケールリングと呼ばれる積層化が進められている。これらの製作工程を大きく占めるプラズマプロセスにおいて、プラズマ気相中のナノ粒子の成長等の制御が重要課題となっている。それらの課題解決のためには、ナノメートルサイズの粒子の成長や振る舞いの時空間構造を解明する必要がある。そこで、本研究では、放電電力に振幅変調を印加した反応性プラズマにおいて、ナノ粒子の成長や成長に関する揺動成分の時空間構造を調べた。

実験は、容量結合型 VHF 励起平行平板プラズマ CVD 装置で行った[1]。使用ガスとして Ar と DM-DMOS($\text{Si}(\text{CH}_3)_2(\text{OCH}_3)_2$)を、それぞれガス流量 40sccm、2sccm で装置内に導入し、圧力を 166.3Pa とした。rf 周波数 60MHz、電力 30W の高周波電圧に特定周波数の振幅変調(AM)を放電電極に印加してプラズマを生成した。気相中のナノ粒子の情報は2次元レーザー散乱光(2DLLS)法を用いた[1]。LLS 強度は、ナノ粒子の密度とサイズの6乗に比例し、ナノ粒子量とする。図1に変調周波数 100Hz(変調レベル 30%)で印加時の LLS 強度の時系列データのパワースペクトルを示す。解析位置は $r = 0 \text{ mm}$, $z = 3 \text{ mm}$ であり、ナノ粒子の成長が飽和している放電時間 $t = 7.000 - 7.511 \text{ s}$ のデータを用いた。ここで、電極間の距離は 20mm、rf 電極側が $z = 0 \text{ mm}$ であり、放電時間は 8s である。

この結果から全ての z 方向に、100Hz に強いピークが見られることから、ナノ粒子の成長には、変調周波数が強く影響していることがわかった。また、rf 電極及びグランド電極近傍に、10, 35, 60, 70Hz 及び 200Hz にも強いピークが見られる。これらのピークの特徴として、両電極近傍で強いが、電極間では強度が弱いところが挙げられる。また、rf 電極近傍の $z = 2 \text{ mm}$ の LLS 強度を基準とした各 z の LLS 強度に対するクロスコヒーレンス解析結果からも、電極間($z = 10 \text{ mm}$)よりもグランド電極に近い位置($z = 18 \text{ mm}$)のナノ粒子の情報とのコヒーレンスの方が大きかった。これらの結果の詳細は、本講演にて報告する。

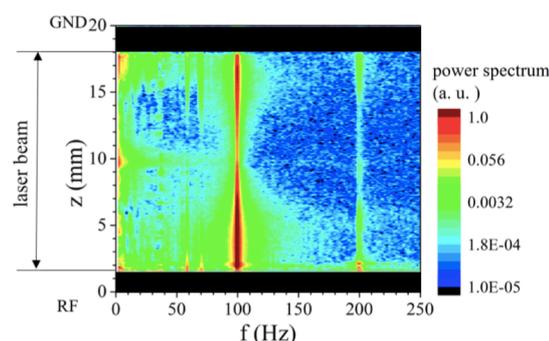


Fig.1 spatial structures of power spectrum of time evolution of LLS intensity with AM ($f_{AM} = 100 \text{ Hz}$, level = 30%)

rf 電極近傍の $z = 2 \text{ mm}$ の LLS 強度を基準とした各 z の LLS 強度に対するクロスコヒーレンス解析結果からも、電極間($z = 10 \text{ mm}$)よりもグランド電極に近い位置($z = 18 \text{ mm}$)のナノ粒子の情報とのコヒーレンスの方が大きかった。これらの結果の詳細は、本講演にて報告する。

[1] K. Kamataki *et al.*, Appl. Phys. Express. **4**, 10, 105001 (2011).

[2] R. Zhou *et al.*, J. Plasma Fusion Res. Phys. (2019) in press.