

発光イメージをもとにしたプラズマ構造の評価

Evaluation of plasma structure from emission image

名大工¹, 名大低温プラズマ², 核融合研³

○(M1)原田健汰¹, (D)久蔵学¹, 大館暁³, 豊田浩孝^{1,2,3}

Nagoya Univ.¹, cLPS, Nagoya Univ.², NIFS³

○Kenta Harada¹, Mnabu Kyuzo¹, Satoshi Oodati³, Hirotaka Toyoda^{1,2,3}

E-mail:harada.kenta.a8@s.mail.nagoya-u.ac.jp

1. 背景

半導体製造の歩留まり改善、生産性の向上が必須であることから、プラズマプロセスに用いる大口径ウェハ内プラズマの密度均一性の改善、密度向上が求められている。代表的なプロセスプラズマ装置のひとつである、容量結合型プラズマ装置においては、電極界面を伝搬する電磁波や装置構造の影響により不均一性が発生することがある。プラズマ空間不均一性評価においてはプラズマ診断が必須であるが、擾乱を引き起こすプラズマ計測手法の採用は困難である。一方、非接触のプラズマ計測手法のひとつとして、トモグラフィ等のイメージング計測があり核融合分野における、プラズマの構造評価にも応用されている。そこで我々は、トモグラフィ技術を用いて、プロセスプラズマの三次元構造イメージング計測の研究に着手した。今回はその第一段階として周向均一条件における 2.5 次元モデルの再構築結果を報告する。

2. 実験装置

真空容器に Ar(20 sccm)を導入し、容器内圧力を一定にしたうえで、設置電極(メッシュ)に対向した円形電極(直径 110 mm)に VHF 電力(40 MHz, $P_{VHF} < 150$ W)を印加し、プラズマを生成した。真空容器上部と側面にある観察窓からカメラ(Nikon D5600)を用いたプラズマの撮影が可能である。また、チャンバー内部は光反射の影響を抑えるために黒塗装を施している。

3. 実験結果

今回は電極間のプラズマを再構築するため、再構築空間を縦 140 mm、横 140 mm、高さ 40 mm の直方体空間とし、空間を 10 mm 立方体で 784 個に分割した。分割した各立方体の輝度情報ベクトルを f 、撮影画像輝度情報ベクトルを g とし、 f と g を結び付ける固有のカメラパラメータ行列を H とするとき関係式は以下のように表される。

$$Hf = g$$

今回は容器側面 1 方向からの撮影画像を用いることから、Thikhonov-Philips 正則化

$$f(\alpha) = (H^T H + \alpha C^T C)^{-1} H^T g$$

により求められた行列を周向均一に作り直し、輝度情報 f の算出を python により行った。

C はラプラシアン行列であり、正則化パラメータ $\alpha = 0.1$ とした。

今回、プラズマ生成条件を VHF 電力 50, 100, 150 W それぞれに対して圧力 2.6, 13.3, 26.6 Pa で撮影を行った。 $P_{VHF}=50$ W, $p=27$ Pa の撮影画像を Fig.1 に示す。さらに、この画像をもとに得られた再構築結果を Fig.2 に示す。円形電極表面中心を原点としている。電極上部の発光強度が強く表れていることからおよそプラズマ状態を妥当に表していると考えられる。



Fig. 1. Plasma image.

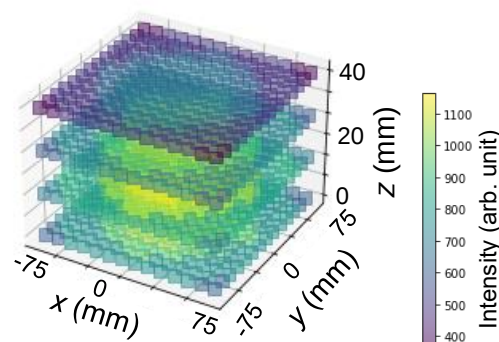


Fig. 2. Plasma reconstruction result.

謝辞

本研究の一部は核融合科学研究所一般共同研究 (NIFS22KIIP007)にて行われた。

[1] 岩間尚文, 大館暁:プラズマ・核融合学会誌, **82**, (2006) 399.