

二周波重畳容量結合型プラズマにおけるシース内衝突が RF 電極入射粒子の角度分布に及ぼす影響

Influence of sheath collision on angular distribution of high energy particles incident on an RF electrode in a dual-frequency capacitively-coupled plasma

名古屋大¹, キオクシア² °(B4)川村 隼也, 市川 景太¹, 鈴木 陽香¹,
飯野大輝², 福水裕之², 栗原一彰², 豊田浩孝¹

Nagoya Univ.¹, Kioxia Corp.² °S. Kawamura¹, K. Ichikawa¹, H. Suzuki¹, D. Iino²,
H. Fukumizu², K. Kurihara² and H. Toyoda¹

E-mail: kawamura.shunya.p4@s.mail.nagoya-u.ac.jp

近年、半導体デバイスの三次元高集積化が進んでおり、二周波重畳容量結合型プラズマ(DF-CCP)を用いた反応性イオンエッチングによる高アスペクト比プロセスの重要性が増している。プラズマから基板へ入射する高エネルギー粒子の入射角度分布はエッチング精度を決める重要なパラメータの一つであるが、報告例は少ない。我々は、DF-CCP 電極オリフィスを通じた粒子の拡がりマイクロチャネルプレート (MCP) でイメージング計測することで高速エネルギー粒子の入射角度分布計測を進めている¹⁾。今回、シース厚さを制御した条件下において圧力を変化させることにより、シース内での高エネルギー粒子衝突が角度分布に及ぼす影響を調査したので報告する。

実験には自作の二周波重畳高周波プラズマ装置(電極直径 110 mm、電極間隔 30 mm)を用いた。高周波電極中央にオリフィス(直径 27 μm 、厚さ 0.25 mm)を配し、背面に差動排気されたドリフト管と MCP を取り付け、これらすべてに整合器を介した VHF 電力 (40 MHz) と LF 電力 (2 MHz) を印加しプラズマを生成する。MCP に入射した粒子の分布をイメージング観測することで角度分布を評価する。シース厚を制御しつつ圧力を変化させるため、2 および 8Pa において表面波プローブによりプラズマ密度を測定しながら VHF 電力を変化させ、異なる圧力で同一プラズマ密度となるよう調整した。

Ar の圧力 2 および 8Pa での同一プラズマ密度 $1.8 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$ となる条件において、 V_{pp} から推定されるイオン最大エネルギーに対するシース厚さを求めた結果を Fig. 1 に示す。プラズマ密度の制御により、シース厚さは圧力によらず同じ依存性を示している。Fig. 1 と同一条件においてイオン角度拡がり幅の V_{pp} 依存性を 2 および 8Pa で比較した結果を Fig. 2 に示す。2Pa においては V_{pp} に対して角度拡がりは減少しているのに対し、8Pa では高 V_{pp} において拡がり幅は緩やかな減少傾向を示す。これは高 V_{pp} においてシース厚さが増大し、シース内電荷交換衝突によりイオンの入射エネルギーが低下し、それに伴って角度分布が広がったことを示唆している。

1) K. Ichikawa et al., Appl. Phys. Express, **14**, 126001(2021).

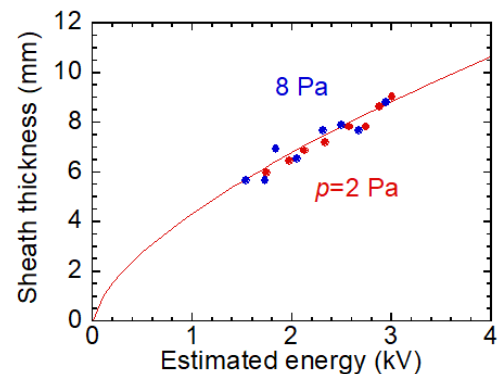


Fig.1 Sheath thickness vs. estimated incident ion energy.

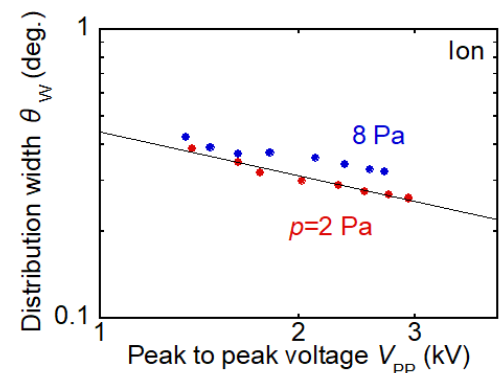


Fig.2 Ion angular width vs. V_{pp} .