

Xe 多価イオンビームの低エネルギー照射実験に向けた ECR イオン源プラズマのポテンシャル測定

Measurement of plasma potential on ECR ion source for estimating material damage by low energy irradiation of multi-charged Xe ion beams

阪大院工¹, 三菱電機先端総研², ○ 竹田樹人¹, 津田悠登¹, 渡辺拓人¹, 大西広司¹,
濱田滉太¹, 稲永康隆², 加藤裕史¹

Osaka Univ.¹, Mitsubishi Electric², ○ T.Takeda¹, Y.Tsuda¹, T.Watanabe¹, K.Onishi¹,
K.Hamada¹, Y.Inanaga², Y.Kato¹

E-mail: takeda@nf.eie.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】人工衛星に搭載されているイオンエンジンに代表される電気推進器は Xe プラズマからイオンを電界で加速して噴射させることにより推進力を得ている。長期間の運用においては放出されたイオンビームが衛星表面に衝突し、スパッタリング現象で表面が損耗することによって衛星の性能が劣化してしまうことが考えられる。衛星表面へ衝突する Xe イオンビームのエネルギーは 100~1000eV でありこのような低エネルギー領域における多価イオンのスパッタリングは、固体表面原子と入射イオンの二対衝突ではなく入射イオンと固体表面原子群との多体衝突かつイオンと固体表面における電子移動の影響も存在するような衝突であると考えられる。衛星設計に際しては、放出されるイオンビームが衛星表面材料に与える損傷を定量的に評価することが求められる一方、低エネルギーのイオンビームに対するスパッタリング量は理論式とは異なることが報告されているため、実験的に評価する必要がある。そこで、本研究の電子サイクロトロン共鳴(Electron Cyclotron Resonance:ECR)イオン源では多価イオンを効率的に生成可能であるという利点を生かし照射実験へ適用する。しかし、ECR イオン源プラズマは体積生成のため、空間電位(V_s)が形成される。したがって低エネルギーの照射に対して入射エネルギーを制御するためには V_s を正確に把握する必要がある。そこで本研究では Xe の多価イオンビーム自身を用いて V_s を計測し、一般的なプローブによる手法で計測した V_s との関係も評価する。

【実験方法】本実験では装置内部に Xe ガスと 2.45GHz のマイクロ波を導入し 10^{-3} Pa から 10^{-4} Pa の動作圧力で Xe プラズマを生成する。イオン源装置中央を原点とした $z = -175$ mm の位置に設置されたラングミュアプローブによってプラズマパラメータの測定を行う。生成したプラズマを三枚の単孔電極 PE, E1, E2 から構成される引き出し電極より、引き出し電圧 V_{PE} で引き出し、分析磁石の磁場 B を変化させることにより質量分析を行いビームライン上のファラデーカップ(FC)で質量価数分布(Charge State Distribution:CSD)を計測する。 V_{PE} と B の間には $B^2 = Km_i(V_{PE} + V_s(q))/q$ となる関係式が成り立つことが分かっている[1]。ここで、 K は定数、 $V_s(q)$ は各価数における空間電位、 m_i はイオンの質量、 q はイオンの価数である。本実験では V_{PE} の値を変化させた時の Xe^{q+} における B を計測し、 V_{PE} と B^2 に対する最小二乗法により近似直線を導出し、直線がオフセットされる値を $V_s(q)$ として求める。

【実験結果】Fig.1 に V_{PE} を変化させたときの Xe イオンビームの CSD の変化を示す。それぞれの V_{PE} に対して $Xe^+ \sim Xe^{4+}$ までが確認できる。Fig.2 に Xe^+ に対して、 V_{PE} に対する B^2 の値をプロットし、最小二乗法によりフィッティングを行い、 V_s を導出したものを示す。本講演ではプローブから求めた V_s との対応関係や $V_s(q)$ のマイクロ波電力や動作圧力に対する依存性についても発表を行う予定である。

[1] Z. Q. Xie and C. M. Lyneis, Rev. Sci. Instrum. 65, 2947 (1994)

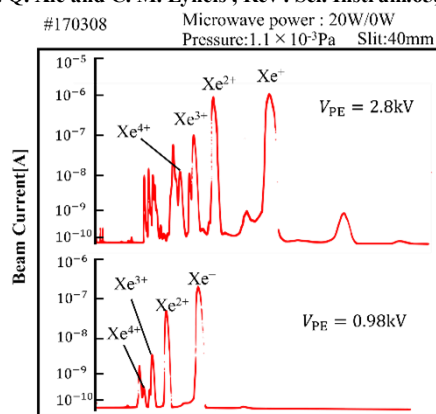


Fig.1 V_{PE} を変化させたときの Xe イオンビームの CSD

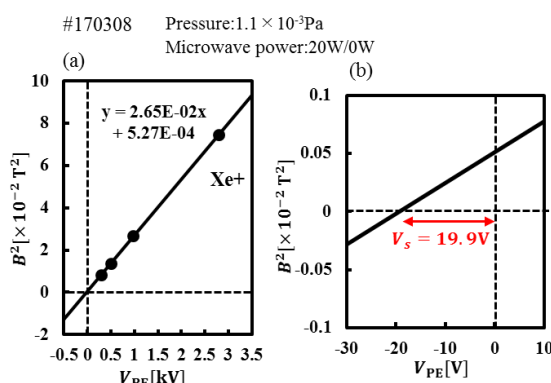


Fig.2 (a) V_{PE} と B^2 に対する最小二乗法による近似直線
(b) オフセット付近の拡大図と V_s