

スペースチェンバー内の直接計測によるプラズマ波動・粒子相互作用の室内基礎実験 - シミュレーション環境の詳細 -

下山 学 [1]; 平原 聖文 [1]; 小木 曾 舜 [1]; 小嶋 浩嗣 [2]
[1] 名大・STE 研; [2] 京大・生存圏

Laboratory in-situ experiments for plasma wave-particle interaction in space plasma chamber: Simulation environment

Manabu Shimoyama[1]; Masafumi Hirahara[1]; Shun Kogiso[1]; Hirotsugu Kojima[2]
[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] RISH, Kyoto Univ.

We have started preparations of a laboratory experiment to simulate and detect plasma wave-particle interaction process by using a large space plasma chamber in ISAS/JAXA. Plasma wave can be excited by irradiation of an electron beam into plasma and an energy flux between waves and particles is calculated from the measurement of the wave/particle instruments. While a back diffusion plasma source is available to produce back-ground plasma, it is necessary to develop the electron beam source with energy of 10 to 100 eV. We are developing two types of electron beam source. One is a direct heated type where thermal electrons are emitted from a heated filament. It is easy to develop and use because of its simple design. However voltage drop along the filament makes the beam energy non-uniform and electron beam flux is inhomogeneous due to the fineness of the filament. The other is isolated heater type where the heater and the electron emission surface do not contact each other. Therefore, it has important advantages that the emission surface is equipotential, which leads to uniformity of the electron beam energy, and the emission surface area is large compared to the direct heated type, which provides homogeneity of the electron beam flux. But it also has some disadvantages such as the complication for the development and handling.

In this presentation, we also report the magnetic field environment controlled by Helmholtz coils installed around the space plasma chamber and background plasma environment as well as two types of electron beam source in detail.

現在我々は、JAXA 宇宙科学研究所の有する大型のスペースプラズマチェンバーを用いたプラズマ波動・粒子相互作用の直接観測実験を進めている。スペースチェンバー中に生成した背景プラズマ中に電子ビームを照射することで波動を励起し、波動と粒子の高時刻精度同時観測を行うことで、波動と粒子間のエネルギーフラックスの算出を目指す。背景プラズマの生成には、低温 (0.1-0.5 eV)・低密度 (10^3 - 10^5 els/cm³) の N₂ もしくは Ar プラズマの生成が可能な後方拡散型プラズマ源を使用する一方、電子ビーム源 (エネルギー 10-100 eV) は新規に開発する。電子ビーム中に励起された波動を観測するためには、波動アンテナおよび粒子分析器を電子ビーム中に設置する必要があるため、直径 10-30 cm 程度の大口径電子ビームが必須である。また、単色エネルギーかつ均一フラックスの電子ビームが望ましい。

電子ビームの生成には、電流を流し高温に加熱した金属フィラメント (タングステン合金) から直接熱電子を放出させメッシュで加速させる直熱型電子ビーム源や、BaO や SrO 等の酸化物を塗布した金属板をヒーターで加熱し電子を放出させメッシュで加速する傍熱型電子ビーム源が考えられる。前者は、構造が単純なため開発や運用が容易であるという利点を有する一方、線状に配置されたフィラメントから局所的に電子が放出されるため、電子ビームのフラックスに大きな非一様性を生じさせる可能性がある。また、5-10 A もの大電流が流れるフィラメント上では大きな電圧降下が生じるため、フィラメント・加速メッシュ間の電位差が場所により異なり、結果として電子ビームエネルギーの不均一を生じさせる。後者は、ビーム径程度の面積の金属面を 1000 もの高温まで効率的に加熱するため開発に工夫を要し、塗布した酸化物の運用にも手間がかかるが、電子放出面の電位が均一であるため単色エネルギーの電子ビームが生成されることが期待される。また直熱型に比べ、電子ビームフラックスの一様性にも優れていると考えられる。現在、上述した二種の電子ビーム源を試作し、改良を進めている段階にある。

本講演では、電子ビーム特性の詳細に加え、背景プラズマ環境やヘルムホルツコイルにより磁場環境制御についても述べる予定である。波動・粒子相互作用全般と波動観測に関しては、小嶋、他の講演を、後方拡散型プラズマ源を動作させた低真空環境下での粒子観測に関しては、平原、他の講演を参照されたい。