

R005-08

A 会場 : 11/24 PM2 (15:30-18:15)

15:30~15:45

宇宙機搭載プラズマ測定器校正用超熱的イオンソースの開発

#阿部 琢美¹⁾, 加藤 千晶¹⁾, 小嶋 浩嗣¹⁾

¹⁾ JAXA宇宙科学研究所

Development of suprathermal ion source to calibrate space-based plasma instrument

#Takumi Abe¹⁾, Chiaki Kato¹⁾, Hirotugu Kojima¹⁾

¹⁾Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

It is possible to simulate plasma environment in the lower ionosphere inside a vacuum chamber on the ground. In contrast, it is very difficult on the ground to simulate plasma environment which is seen from the space-based platform such as sounding rocket or satellite. If one assumes a measurement on the sounding rocket in the lower ionosphere, ions appear to be approaching with a velocity of 1.0 km/s, which is typical velocity of sounding rocket. Because a thermal velocity of O²⁺ ion whose temperature is 300 K is about 500 m/s, the ions would be seen as incoming ions with the bulk velocity two times faster than the thermal velocity. In general, the ion acceleration in the vacuum chamber can be made by applying negative voltage to a mesh grid whose transmission rate is high. However, such an acceleration device is unlikely feasible because of too many collisions between plasma and neutrals inside the chamber and/or difficulty in controlling a small voltage around the grid with high accuracy.

We are developing a low energy ion source which can generate such a plasma environment inside the vacuum chamber. Although our prototype model did not work as expected, we have recently succeeded to realize the very low energy ion source by applying Kaufman-type single grid ion source. We have so far generated the ions whose most probable energy exists somewhere between 1 and 6 eV. The peak energy can be controlled by a voltage setting. Since the temperature of these ions is about 1000 K, the bulk energy is considered as suprathermal. Therefore, we call this device suprathermal ion source.

The suprathermal ion source consists of 1) extreme ultraviolet radiation source to generate plasma from neutral gas, 2) stainless chamber to maintain high plasma density, and 3) grid to pull the ions outward from the stainless chamber. This ion source is placed inside a large vacuum chamber with a diameter of 2.5 m at Institute of Space and Astronautical Science of Japan Aerospace Exploration Agency. An instrument to observe the accelerated ions is installed in front of the exit grid so that the ions can enter. The ion acceleration is caused by the voltages applied to the stainless chamber and the grid. In fact, the energy and flux of the accelerated ions can be controlled by the voltage applied to the stainless chamber and the grid, respectively.

In this presentation, we will describe variation of bulk energy according to the setting voltage and characteristic feature of energy distribution of the generated ions as well as the detailed information of the suprathermal ion source.

真空チャンバーの中に電離圏下部イオンの環境を作ることはできる。しかし、飛翔体上で見えるであろう環境を作ることは難しい。例として、観測ロケット上での観測を仮定し、イオンの温度を 300K とした場合に O²⁺ イオンの熱速度は 500m/s であるのに対し、観測ロケットの速度は電離圏高度で 1km/s 程度であるため、熱速度の 2 倍程度のバルク速度をもつイオンを生成しなければならない。衛星からの観測の場合は数倍のバルク速度で運動するイオンを生成しなければならない。真空チャンバー内でイオンを加速するには開口率の高いメッシュに電圧を印加することによって行うのが一般的であるが、電離圏のような低エネルギープラズマ環境を生成するのに用いられる後方拡散型プラズマ発生装置の場合には内部に導入する中性ガスとの衝突のため、また種々の問題により 1 V 以下の精度でイオンの加速を行うことは困難なために、このようなプラズマ環境を真空チャンバー内に再現することは難しい。

我々はこのようなプラズマ環境を真空チャンバー内に再現するためのイオン加速装置の開発を行ってきた。幾つかの試作を試みて期待通りには動作しなかったが、2024 年に半導体薄膜の加工などにおいて用いられるカウフマン型シングルグリッドイオン源に着目し、この原理の一部を応用し、低エネルギーのイオンビームの生成に成功した。これまで、バルクエネルギーが 1 ~ 6 eV のイオンの生成を行ってきており、イオンの温度が 1000K 程度であることを考慮すると、suprathermal (超熱的) なエネルギーということになる。

超熱的イオンの生成装置はプラズマ生成のための紫外線光源、発生したプラズマを閉じ込めるためのステンレス製容器、容器内のイオンを外側に引き出すためのグリッドから構成される。この生成装置を宇宙科学研究所の大型スペースサイエンスチャンバー内に設置し、引き出されたイオンを観測するための測定器をイオンが通過する前面に置いた。なお、この測定器は 2025 年度に打ち上げ予定の観測ロケットに搭載されるものである。イオンの加速はステンレス製容器、および引き出し用グリッドに印加する電圧により行われるが、測定器に到達する時点でのイオンのエネルギーは容器に印加する電圧で、イオンのフラックスは引き出し用グリッドに印加する電圧で各々制御される。発表では超熱的イオンソースの構成の詳細、設定電圧によるバルクエネルギーの変化、生成されたイオンエネルギー分布の特徴について述べる。