

## 宇宙空間における電子とイオンの同時観測のための二重殻式広視野エネルギー分析器の開発

# 武井 智美 [1]; 平原 聖文 [2]; 横田 勝一郎 [3]  
[1] 名大・宇地研; [2] 名大・宇地研; [3] 阪大

### Development of double-shell type wide field of view energy analyzer for simultaneous electron and ion measurements in space

# Tomomi Takei[1]; Masafumi Hirahara[2]; Shoichiro Yokota[3]  
[1] ISEE,Nagoya Univ.; [2] ISEE, Nagoya Univ.; [3] Osaka Univ.

In-situ observations of the charged particles such as electrons and ions filling the terrestrial and planetary magnetospheres and the interplanetary space, so-called the space plasma have been conducted by using satellites carrying particle instruments, such as the top-hat type electrostatic energy analyzer. Essentially, obtaining three-dimensional velocity distributions of the space plasmas or energy-pitch angle distributions help us understand the dynamics of the space plasmas. Because the top-hat type analyzer is cylindrically symmetric and has a 360 degrees planar field of view, it can independently measure the wide angular and energy distributions of incident particles. Also, three-dimensional velocity or energy-pitch angle distributions can be obtained by utilizing the satellite spin motion.

In general, the top-hat type electrostatic energy analyzers can measure the ions when a negative potential is applied to the inner electrode and the electrons by a positive potential with the outer electrode grounded. Therefore, in the design of the top-hat type analyzer, the sensor heads separate for the ion and electron observations, respectively. Because of the recent miniaturization of the satellites, the size, weight and space of the instruments mounted on the small and micro satellites are getting severely restricted. However, if two sensor heads for electron and ion observations are combined into one sensor head, it is possible to save the size, weight and space on the small and micro satellites. Therefore, we have been developing double-shell type energy analyzer which can simultaneously measure the ions and the electrons and have a wide field of view of 360 degrees with one sensor head.

We optimized the shapes of the collimator and the double-shell dome-shaped electrodes so that the electrons and the ions with appropriate energies pass through the inner gap and the outer gap by applying a negative potential to the central electrode and part of the collimator with the inner and outer electrodes grounded, respectively. We made the numerical simulations using SIMION which is a charged particle simulator program and investigated the performance and characteristics as the electrostatic analyzer. Consequently, we confirmed that the electrons and the ions can be analyzed with one sensor head by only applying negative high voltage to the electrodes. Also, we investigated the performance of the energy analyzer with serration. We are conducting the calibration experiment of MCP for two-dimensional position detection to investigate the angular resolution of the energy analyzer by putting two-dimensional position detectable MCP at the exit of energy analyzer. So far, we use MCP assembly for the electron detection and we consider the detection unit using Time-Of-Flight velocity spectrometer for the discrimination of the ion mass as the part where the ions are detected. The design of TOF-type mass analysis unit as ion mass analysis unit is one of subjects for future work.

地球および惑星の磁気圏、そして惑星間空間を満たしている電子とイオンのような荷電粒子、いわゆる宇宙プラズマのその場観測は、トップハット式静電型エネルギー分析器のような粒子計測器を搭載している探査機・人工衛星を利用することによって行われており、我々が宇宙プラズマの3次元速度分布またはエネルギー・ピッチ角分布を得ることは、宇宙プラズマのダイナミクスを理解するのに役立つ。トップハット式静電型エネルギー分析器は軸対称構造であり、360度の平面視野を持っているため、入射粒子の角度とエネルギー分布を独立して観測できる。さらに、人工衛星の自転運動を利用することによって3次元の速度分布またはエネルギー・ピッチ角分布も取得できる。

トップハット式静電型エネルギー分析器は外側の電極をGNDにした状態で、イオンを観測する場合は内側の電極に負の電圧を印加し、電子を観測する場合は内側の電極に正の電圧を印加するのが一般的である。従って、トップハット式静電型エネルギー分析器を宇宙探査で適用するには、センサーヘッドがイオンと電子の観測用に、それぞれ分かれている。最近では探査機・人工衛星が(超)小型化されており、搭載できる機器の寸法・重量および位置は大幅に制限される。しかし、電子・イオン用の2つのセンサーヘッドを1つのセンサーヘッドにまとめることができれば、超小型人工衛星の制限にも対応可能である。そこで、我々は1つのセンサーヘッドでイオンと電子を同時に観測でき、360度の広い視野角を実現可能な二重殻式エネルギー分析器を開発している。

我々は内側と外側のドーム型電極をGNDにし、コリメーターの一部の電極と内側と外側に挟まれた中央ドーム型電極に負の電位を印加した状態で、適切なエネルギーを持った電子とイオンが、内側と外側の隙間をそれぞれ通過するように、コリメーターおよび二重殻のドーム型電極の形状および印加電圧を最適化した。我々は荷電粒子シミュレータープログラムのSIMIONを使って数値シミュレーションを行い、静電分析器としての性能と特徴を調べた。その結果、負の高電圧を電極に印加するだけで、イオンと電子が1つのセンサーヘッドで分析できることが確かめられた。また、太陽紫外線およびそれによってセンサーヘッド内で生成される2次電子が検出部に到達して雑音になることを防ぐために

中央の電極にセレーションを付けるが、セレーションを付けた場合の分析器の特性も確認し、どのようなセレーションであれば、分析器の特性が維持可能であるかについても調査を行った。ドーム型電極の後段の検出部に2次元位置検出可能なMCP(micro channel plates)を設置してエネルギー分析器の角度分解能を調べるために、2次元位置検出用MCPの較正実験も実施しつつある。電子の検出にはMCPを使用するが、将来的にはイオンを検出する部分にはイオン質量を識別するためにTOFを使った検出部を組み込むことを考えている。イオン質量分析部としてのTOF型質量分析部の設計は今後の課題である。