

LEF - TOF 型イオンエネルギー質量分析器における質量分析能力の改善

Research to improve the mass resolution of an LEF-TOF ion mass analyzer (IMA)

田中 孝明 [1]; 斎藤 義文 [2]

Takaaki Tanaka[1]; Yoshifumi Saito[2]

[1] 東大・理・地球惑星; [2] 宇宙研

[1] Dept. of Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ.; [2] ISAS

現在、月では希薄な Na、K の中性大気が存在することが地上観測から分かっているが、そのアルカリ大気の生成過程としては、(1) 太陽風中のイオンが月面に衝突することによるスパッタリング、(2) 太陽光(紫外線)による光脱離、(3) 月表面の熱による熱脱離、(4) 微小隕石の衝突による気化、といった過程が考えられてきている。これらの過程によって、中性大気と同様に生成されると考えられている Na⁺ や K⁺ などの月面由来の重イオンはその存在を強く示唆されながらも、in-situ 観測によって測定された例は殆ど無い。こうした重イオンを測定するためには、これまで地球磁気圏観測に用いられてきたスペースプラズマの観測器にはない高い質量分解能が必要となってくる。月周回衛星 SELENE 搭載用のイオンエネルギー質量分析器 (IMA) の観測対象はこうした固体表面由来の重イオンである。

IMA はエネルギー分析部、質量分析部の2つの分析部によって構成され、これらの機器によってイオンの質量毎の三次元分布関数を得る事が可能となっている。質量分析部の問題点はその検出効率の低さと、数値解析によって得られる質量分解能を完全に達成できないという2点を挙げる事ができる。

IMA での質量分析手法は線形電場飛行時間測定 (LEF-TOF) 型質量分析と呼ばれ、主に線形な電場によって反射される正イオンの飛行時間を計ることによって高い質量分解能を得ることが出来るようになっている。正イオンの飛行時間を測定するには、スタートとストップのタイミングを計るような信号が必要であるが、質量分析部の入り口に設置されたカーボンフォイルを粒子が通過するときに発生する電子をスタート信号、電場で反射され戻ってきた正イオンが質量分析部の上部に衝突し、そこで発生する二次電子をストップ信号として飛行時間を測定する。このストップ信号としての二次電子の生成効率及び生成量は質量分析部の信号検出効率に大きく関わってくる。検出効率が大きければより少ない積分時間で質量分析に必要な粒子のカウント数を取得することが可能であり、これにより高い空間分解能で月周辺の正イオンの質量分析が可能であると考えられる。

現在このストップ電子を効率よく放出させるために質量分析部の上部には二次電子放出板が設置されている。その二次電子放出特性は板の材質と表面の状態に大きく左右されると考えられているが、その放出量はこれまで定量的に評価されていなかった。本研究ではこの二次電子放出板として、MgO を蒸着した表面状態の異なる様々な二次電子放出板の特性を評価することによって、MgO 膜の膜厚と電子放出量との相関を発見し、検出効率を向上させ得ることを示した。また同時に二次電子放出板の電子放出特性が、重イオン測定を行う際の質量分解能に影響を与えることを示した。