

月探査用イオンエネルギー質量分析器の性能向上に関する応用的研究

田中孝明

東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻

1. イントロダクション

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 観測によって継続的に測定された例は無い。

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(図1)。

2. 問題点とその改善方法

IMA での質量分析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。

現在飛行時間計測のため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が、このプレートの電子放出特性が検出効率の向上及び質量分解能の向上に寄与していると考えられる(図2)。その二次電子放出特性は板の材質と表面の状態に左右されると予想されていたが、その放出量はこれまで定量的に評価されていなかった。

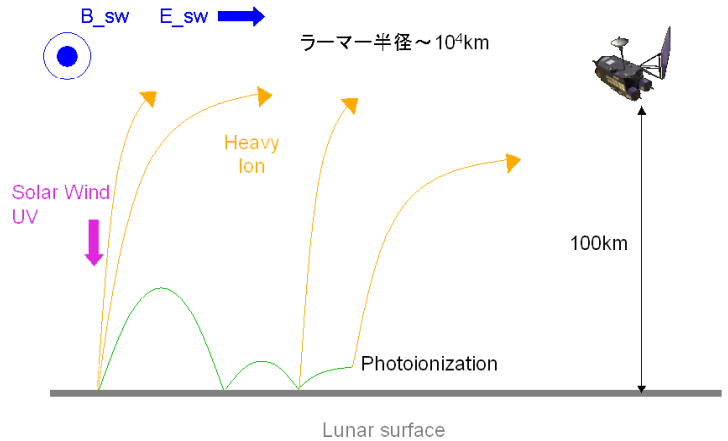


図1 SELENEによる月周辺プラズマ探査の様子

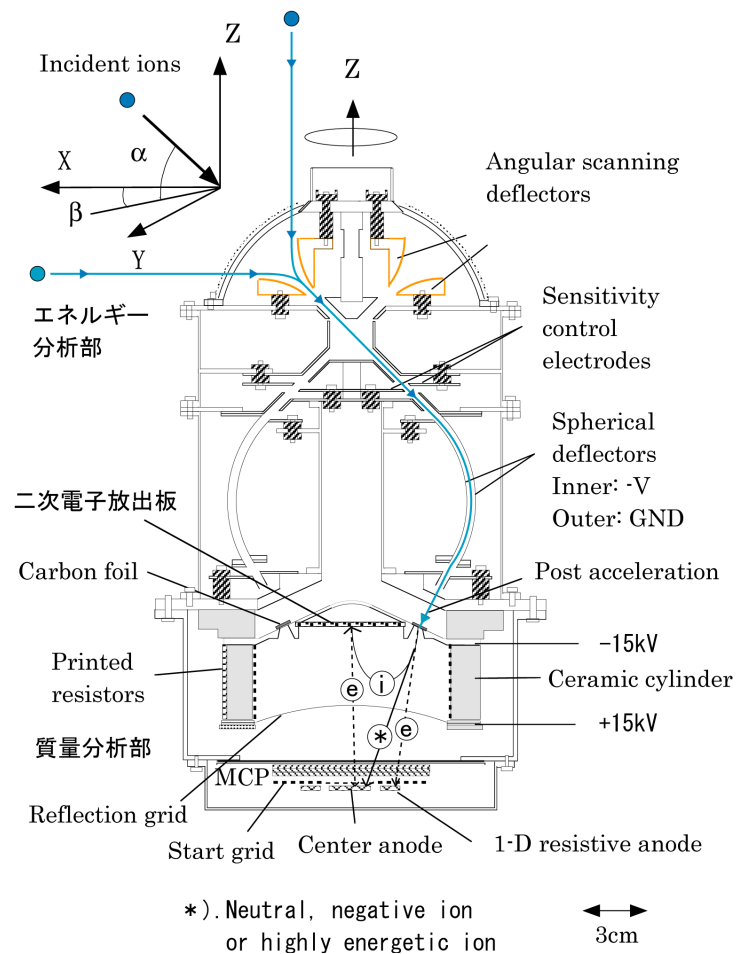


図2 SELENE 搭載用 IMA (ion mass analyzer) の断面を表した模式図

3. 二次電子放出板の電子放出特性の評価

本研究ではこの二次電子放出板として、MgO を蒸着した様々な表面状態の Al と CuBe の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 (図3)。

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 (図4)。

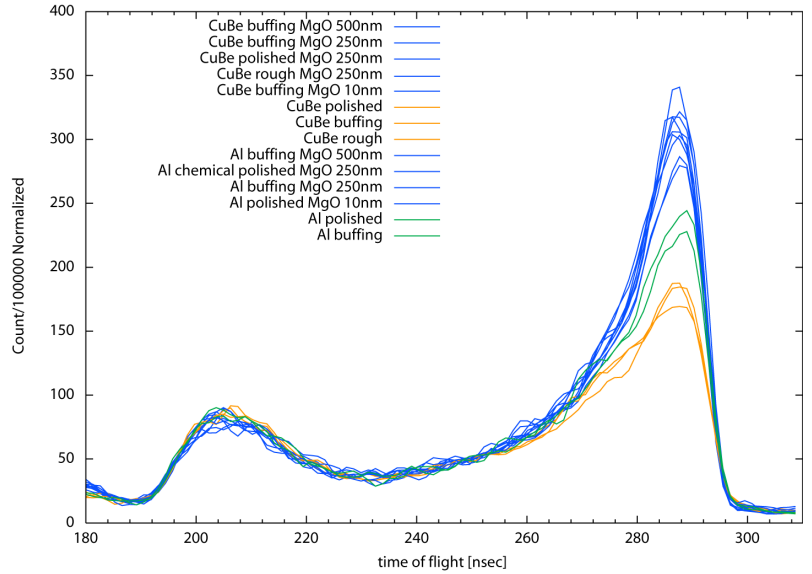


図 4 二次電子放出板の違いによる、質量分解能の差
 横軸は粒子の飛行時間 (質量に対応) を表す、左のピークは中性粒子のピーク、右がイオンのピーク
 質量分解能 $M/\Delta M \sim 11 \rightarrow M/\Delta M \sim 17$ まで増加

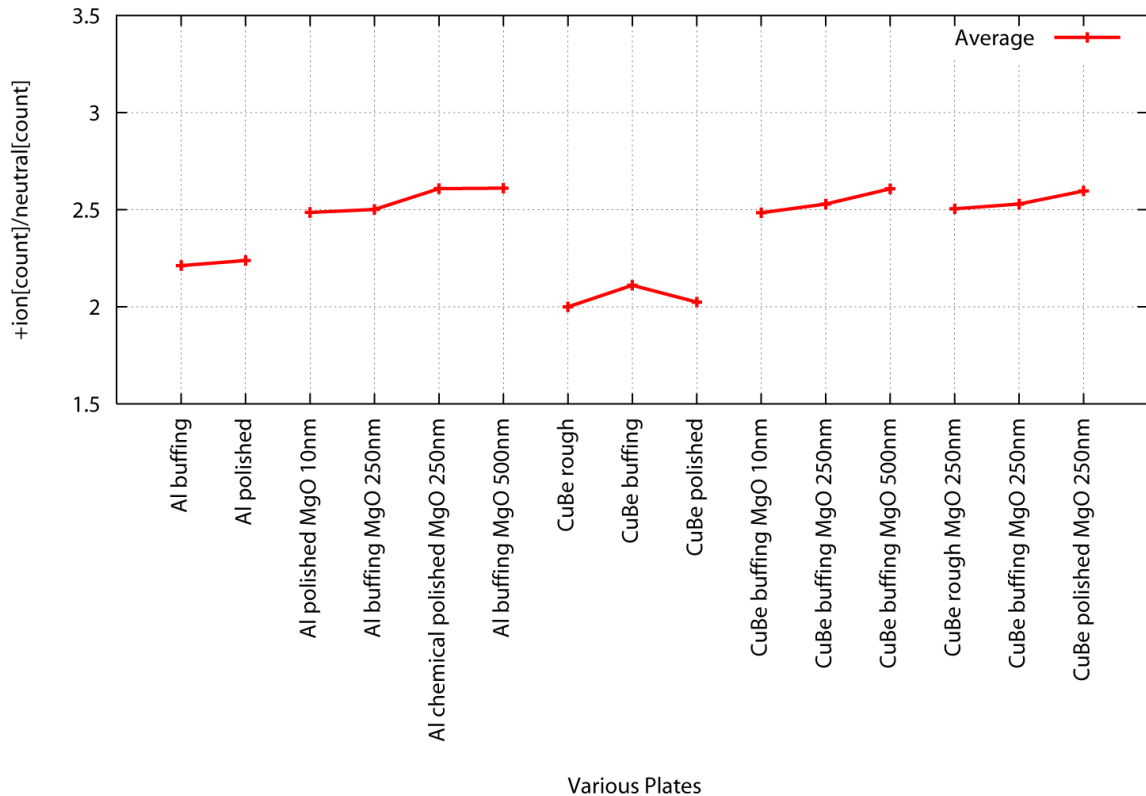


図 3 プレートの違いによる二次電子の放出効率の差。表面の状態と、MgO の膜厚が異なっている。polished:機械研磨による研磨、buffing:パフ研磨、chemical polished:化学研磨、rough:表面を粗した。MgO の膜厚は 10nm、250nm、500nm の三種類変化させた。