

タングステン中性粒子に対するマイクロチャンネルプレート（MCP）の検出効率測定

（環境計測）安達 泰之

1. はじめに

本研究室では、中性粒子に対するマイクロチャンネルプレート（MCP）検出器の検出効率の測定法を開発し¹⁾、希ガス中性粒子に対する MCP の検出効率測定を行ってきた²⁾。これらの研究は、加速イオンと標的ガスとの 1 電子捕獲反応を利用して生成した中性粒子を、MCP で測定するという方法で行われる。しかし、タングステンイオンのような、標的ガスに対する電荷移行断面積が小さい元素を加速イオンとして用いた場合、電子捕獲反応が起こりにくくなる。この対策として、入射ビーム量を大幅に増やすことが考えられるが、現状の方法では MCP のイオン計数が 2000~3000 cps 程度が限界であるため測定は難しい。

そこで本研究では、入射ビーム量を増やしても対応できるように、ファラデーカップを設計・製作した。そしてこれを用いてタングステン中性粒子に対する検出効率を測定した。

2. 実験

2.1 測定法

本研究では加速イオンを原子標的に衝突させ、電子捕獲反応で中性化した加速イオンと、生成された標的イオンを同時に測定することで、中性粒子に対する MCP の検出効率を求める。図 1 に装置の概略図を示す。入射イオン X^+ は標的ガス Y と 1 電子捕獲反応 $X^+ + Y \rightarrow X^0 + Y^+$ を起こす。中性化された入射イオン X^0 は MCP1 で、生成された標的イオン Y^+ は MCP2 でそれぞれ検出される。中性粒子 X^0 に対する検出効率を D 、MCP2 で検出される全標的イオンを N_r 、MCP1 と MCP2 でコインシデンスした計数を N_c とすると、MCP1 における中性粒子 X^0 の検出効率は、以下のようにして求められる。

$$D = N_c / N_r \quad (1)$$

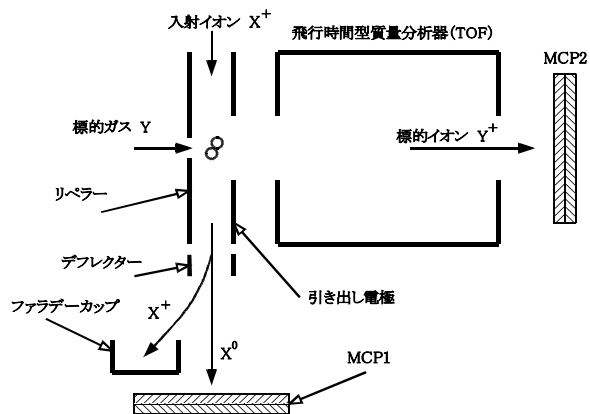


図 1. 実験装置概略図

2.2 ファラデーカップの設計・製作

現存の装置では、 X^0 だけでなく反応しなかった入射ビーム X^+ も検出器に到達していたため、入射ビーム量に制限があった。そこで、 X^+ をデフレクターにより偏向し、ファラデーカップに集められるように設計した。これにより X^0 のみが検出器に到達するようになり、入射ビーム量に関わらず、測定が可能となった。製作した装置を図 2 に示す。設計に当たっては、以下の点に注意した。

- ・ 標的ガスを通ってきた入射ビーム (X^+) は弾性散乱によって広がる。この広がりを見積もって、ファラデーカップの開口径を考えた。
- ・ 生成した X^0 のビームも広がる。これがファラデーカップに衝突しないように、カップの外径と位置を考えた。
- ・ ファラデーカップに集められた入射ビーム (X^+) が、カップの壁と衝突して脱出しないよう、カップのフタも設計・製作した。

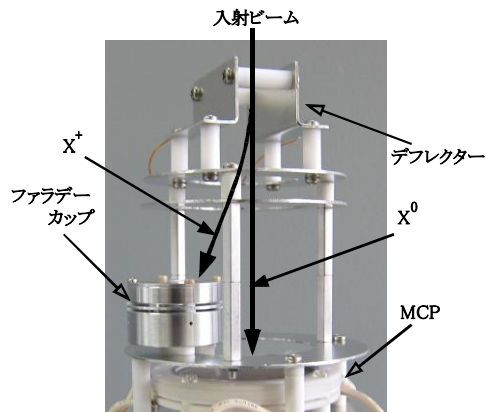


図2. 製作した装置

3. 結果

新しい装置で検出効率の測定が正しく行われるかということを検証する必要がある。そのため初めに、0.5~3.5 keVにおける Ar^0 の検出効率を測定し、改造前の装置で測定したデータとの比較を行った。データを比較すると、測定誤差 (3%以下) の範囲で両データが一致していることがわかった。

次に W^0 の検出効率測定を行った。今回得られた W^0 の結果と、参考のために過去に本研究室で測定された Ne^0 、 Ar^0 、 Kr^0 、 Xe^0 の検出効率を図3に示す。 W^0 の測定誤差は4%以下である。 W^0 の検出効率は2.5 keV付近までは加速エネルギーの増加とともに増加

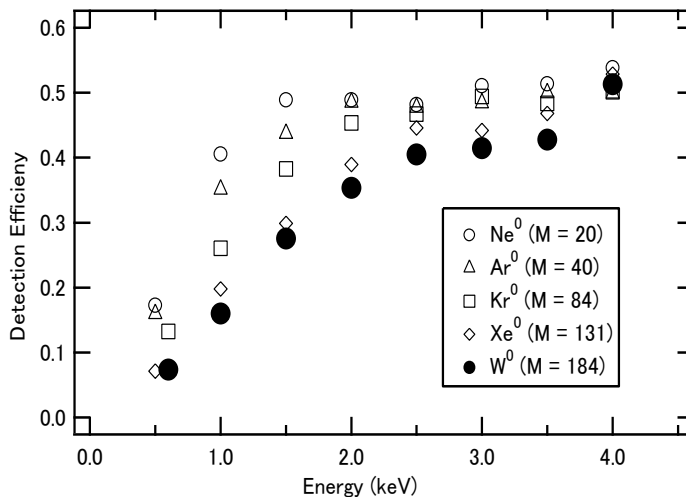


図3. 検出効率のエネルギー依存

している。そして3.5 keV付近までは、エネルギーが高くなるほどに増加の割合が小さくなっている。しかし4 keVにおいては、3.5 keVに比べて大きく増加している。

過去の研究で、各エネルギーにおいて、質量数の異なる中性粒子に対する検出効率の値を比較すると、質量数が大きいほど検出効率下がっているという結果が得られていた²⁾。図3の中で最も質量数が大きい W^0 は、他の元素に比べて検出効率が一番下がっていることがわかり、過去の結果を確認できた。

参考文献

- 1) 細川俊介, 中性粒子に対するマイクロチャンネルプレートの検出効率測定, 京都府立大学卒業論文, (2009)
- 2) 高橋直也, 希ガス中性粒子に対するマイクロチャンネルプレートの絶対検出効率測定, 京都府立大学卒業論文, (2010)