

クロム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

(環境計測) 市川 志巧

1. はじめに

本研究室では、keV エネルギーの中性粒子に対するマイクロチャンネルプレート (MCP) 検出器の絶対検出効率を測定する方法を開発した。さらにその方法を用いて、希ガス中性粒子に対する MCP の絶対検出効率を測定してきた。その結果、MCP の検出効率は中性粒子の質量に依存して異なることがわかった¹⁾。実用上、希ガス以外の中性粒子に対しても MCP の検出効率を測定することは重要である。本研究では、希ガス以外の粒子として、研究室のイオン源で生成可能な金属イオンであるクロムイオンを用い、クロム中性粒子に対する MCP の絶対検出効率を測定した。

2. 測定法

本研究室のイオン源はガスターゲットを電子衝突でイオン化するタイプのイオン源である。そのために、希ガス以外のイオンを生成するためには原子単体のガスではなく、分子や化合物ガスを用いなければならない。本実験では $\text{Cr}(\text{CO})_6$ の化合物ガスを用いて、クロムイオン (Cr^+) を生成した。イオン源で生成された目的のエネルギーの加速イオンから、 Cr^+ を電磁石で質量分析した後、一酸化窒素 (NO) 標的ガスに衝突させた。電子捕獲反応で生成した Cr 中性粒子 (Cr^0) と、 NO^+ イオンを 2 台の MCP でそれぞれ測定した。 Cr^0 の測定に用いた MCP の検出効率を D 、測定された NO^+ イオン数を N_R 、 Cr^0 と NO^+ のコインシデンスした計数を N_C とすると、 Cr^0 に対する MCP の検出率は、

$$D = N_C / N_R$$

の式で与えられる²⁾。

3. 結果

過去の本研究室の測定で、中性粒子に対する検出効率は、エネルギーとともに増加しながら、あるエネルギー以上 (Ne ; 1.5 keV, Ar ; 2 keV, Kr ; 3 keV) では、MCP の開口率程度で

一定となることがわかっている¹⁾。本実験で用いられている MCP の開口率はメーカーの公称値で約 50 % である。図 1 に Cr^0 に対する測定結果を ○ で示す。統計誤差は 4 % 以下である。図 1 を見てわかるように、検出効率は 1.5 keV で 31 %、2 keV で 37 % とエネルギーとともに増加し、3 keV で 43 % に到達し、4 keV では 40 % 付近になる。今回の Cr^0 に対する測定結果は、MCP の開口率で一定になるという希ガス中性粒子に対する測定結果と一致しない。

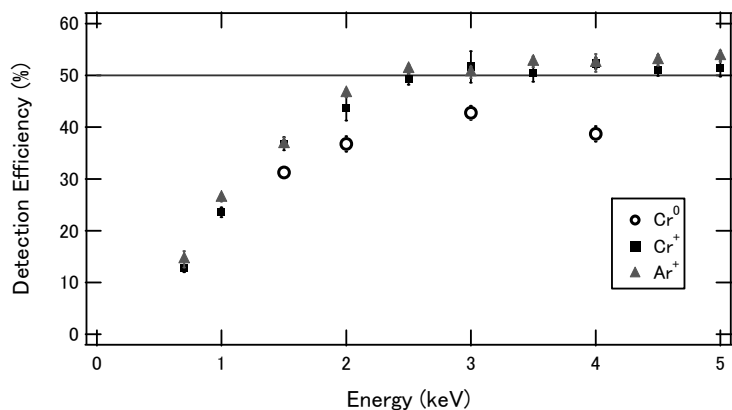


図 1. 絶対検出効率の入射エネルギー依存

また、本研究室の過去の測定で1価イオンの検出効率も中性粒子と同様のエネルギー依存を示すことが確認されている¹⁾。そこで、 Cr^+ の検出効率を測定し、 Cr^0 のエネルギー依存と同様なふるまいをするかを調べた。その結果を図1の■で示す。さらに、比較のため質量数が Cr^+ に近い Ar^+ の検出効率を▲で示す。 Cr^+ 、 Ar^+ ともにMCPの開口率の50%で一定になっていることがわかる。これより、Cr原子自体が他の原子と異なる検出効率を示すというわけではないことを確認した。

4. 考察

Cr^0 の検出効率がMCPの開口率で一定にならない結果について以下に考察する。

(1) 測定に用いた入射 Cr^+ イオンの質量分析に誤りがないかを確認した。質量分析の結果を点で図2に示す。 Cr^+ の同位体のピークが見える。半値幅が同じガウスピークをフィットした結果が図2の実線である。 $^{50}\text{Cr}^+ \sim ^{54}\text{Cr}^+$ にフィットさせたガウスピークの面積比 ($^{50}\text{Cr}; 4.3$, $^{52}\text{Cr}; 83.9$, $^{53}\text{Cr}; 9.5$, $^{54}\text{Cr}; 8.0$)

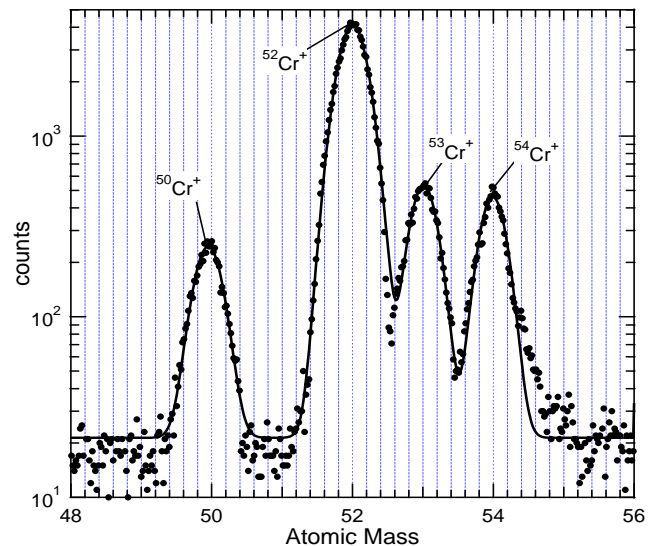


図2. 質量分析 (3 keV)

)は同位体比 ($^{50}\text{Cr}; 4.3\%$, $^{52}\text{Cr}; 83.8\%$, $^{53}\text{Cr}; 9.5\%$, $^{54}\text{Cr}; 2.4\%$)と $^{54}\text{Cr}^+$ 以外については一致した。 $^{54}\text{Cr}^+$ の比率は同位体比よりも高いが、これは $\text{Cr}(\text{CO})_6$ からの生成物である $^{52}\text{Cr}(\text{CO})_2^{2+}$ が混入していると思われる。実験では、図2の $m = 52.0 \pm 0.1$ の範囲で $^{52}\text{Cr}^+$ のピークに磁場をあわせて質量分析したイオンを用いたので、質量分析による誤りはないことが確認できた。

(2) NO標的ガスの残留ガスがMCPの検出効率を下げる何らかの影響を及ぼしているのではないかと考えた。そこで、炭素イオンとNO標的ガスを用いて炭素中性粒子の絶対検出効率を測定した。炭素中性粒子の検出効率はXe標的ガスを用いた測定で検出効率が開口率の50%で一定になることが確認されている¹⁾。測定結果はその過去の測定と一致することを確認した。よって、NO標的ガスに原因はないと判断した。

結論として、測定に問題があるのではないことが確認できたと思われる。今後、中性のクロム粒子の場合、検出効率が開口率で一定にならない可能性があるのかどうかを明らかにするために、クロムに質量数が近い他の金属原子の中性粒子に対する検出効率を測定する必要がある。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 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)