

Cr 中性粒子に対する MCP の検出効率低下の原因 ～電子捕獲により生成した中性粒子の散乱～

(環境計測学) 松井 智香

1. はじめに

本研究室では、中性粒子に対する MCP の検出効率測定方法を開発し、0.5～5 keV の原子に対する検出効率測定を行ってきた。その結果、検出効率は入射粒子のエネルギーが上がるにつれて上昇し、あるエネルギー以上では MCP の開口率と同じ値で一定となることが示された。一方、Cr 原子に対する検出効率を同様に測定したところ、MCP の開口率まで検出効率が上昇しないという他の原子とは異なる結果が得られた。先行研究[1]でその原因を推察した結果、散乱によって Cr 中性粒子が MCP に全て入射しておらず、それによって検出効率の測定値が低下している可能性が挙げられた。そこで本研究では、散乱した Cr 中性粒子も全て検出できるように、従来の MCP よりも大きな検出面の MCP と交換して測定を行い、Cr 中性粒子の散乱が検出効率低下の原因であるかを確かめた。

2. 測定方法の概要

図 1 に中性粒子に対する検出効率測定方法の概要を示す。ここでは MCP1 の検出効率を測る。入射イオン X^+ のビームが標的ガス Y と電子捕獲衝突し、中性粒子 X^0 となったビームが中性粒子検出用 MCP (MCP1) によって検出される。電子捕獲しない入射イオン X^+ は、MCP1 の直前のデフレクターによりファラデーカップに振り分けられるため、MCP1 には検出されない。標的ガス Y が衝突によ

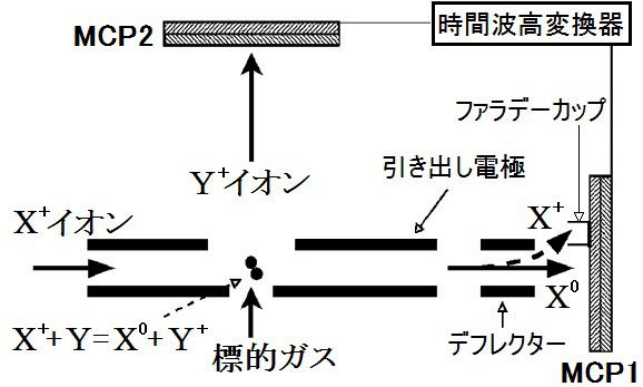


図 1. 測定方法の概要

ってイオン化された Y^+ イオンは電場によって引き出され、リコイル検出用 MCP (MCP2) によって検出される。この測定では、MCP1 と MCP2 での検出数のほかに、時間波高変換器 (TAC) で Y^+ の検出信号と X^0 の検出信号のコインシデンス数を測定している。このとき、MCP1 の検出効率 D は、コインシデンス数を N_C 、リコイル数を N_R とすると、 $D = N_C / N_R$ によって求められる。

3. 検出効率低下の原因推察

上記の測定方法は 1 電子捕獲衝突を利用する。その際、電子捕獲断面積が十分に大きく、電子捕獲による中性粒子が全て MCP1 の検出面に入射することを前提としている。希ガス原子に対す

る先行研究[2]での測定では、電子捕獲断面積が大きくなる同種粒子同士の電子捕獲衝突を用いた。一方、Cr の測定では同種粒子を標的ガスとして準備するのが困難であったので、Cr に近い第1イオン化エネルギーを持つNO ガスを標的とした。この場合、同種粒子同士と比べると、電子捕獲断面積は1桁以上小さい。一方、散乱断面積はほぼ同じために、電子捕獲でできた中性粒子数に対する大角散乱する粒子数の割合が相対的に大きくなる。これによって、MCP の検出面に入射できないCr の割合が高くなると考えられた。これはコインシデンス数を下げるので、検出効率の測定値を低下させる結果になる。

4. 測定概要・結果

MCP1 を、検出面が直径 40 mm のものから、直径 80 mm のものに交換した。測定は、3.5 keV の Cr 中性粒子と、Ar 中性粒子に対して行った。これは、3.5 keV であれば、Ar および Ar よりも質量の小さい中性粒子の検出効率が、MCP の開口率に一致して同じであると先行研究[2]で結論されているからである。

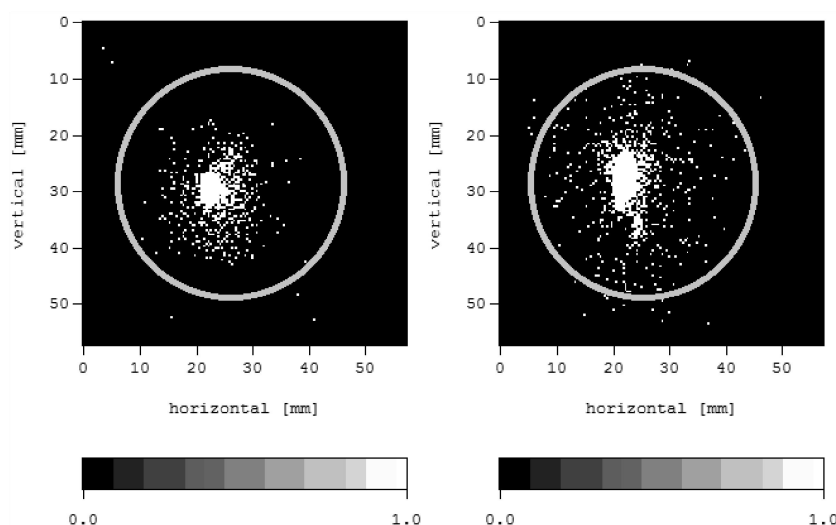


図 2. Ar (左)および Cr (右)中性粒子の位置スペクトル

る。また、この MCP は、中心から直径約 40 mm の範囲では入射位置が測定でき、その外側では、入射粒子数のみカウントできる。図 2 は、MCP1 によって測定された Ar および Cr 中性粒子の位置スペクトルである。図中の円は、位置検出できる範囲を示している。これより、Ar に比べて Cr は 40 mm の範囲全体に広く散乱していることがわかる。Cr 中性粒子の分布を詳細に分析したところ、範囲外にも散乱している可能性が高いことが推測できた。この位置信号より算出した検出効率は、Ar $54 \pm 2\%$ 、Cr $37 \pm 2\%$ であり、今までの結果通り、Cr に対する検出効率が低い値となる。一方、検出面全体(直径 80 mm)から得られた信号より検出効率を求めると、Ar、Cr 共に検出効率は $56 \pm 2\%$ となり、一致した。よって、従来の MCP での Cr に対する検出効率が開口率まで上がらなかったのは、Cr 中性粒子の大角散乱による影響であることがわかった。

参考文献

- [1]村山尊紀「Cr 中性粒子に対する MCP の検出効率低下の原因解明」京都府立大学卒業論文(2014)
- [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)