

電荷移行断面積の理論値を用いた斜入射分光器の感度較正

田沼 肇

東京都立大学

<https://www.comp.tmu.ac.jp/atomphys/index.html>

円筒型集光ミラーを備えた斜入射型分光器を用いて、多価イオンと中性標的気体との電荷交換衝突に伴う極端紫外 (EUV) 領域における発光スペクトルを測定している。ビームを用いた実験では発光強度が角度分布を持つので、発光断面積を求めるためには角度分布を表す二次のルジャンドル多項式 $P_2(\cos \theta)$ が 0 になる角度 ($\theta = 54.7356^\circ$) での測定が一般的である。しかし、この角度での測定を行っても、測定されたスペクトルから発光断面積を求めるためには、波長に依存する分光器の検出効率が必要である。分光器を構成する集光ミラー・回折格子・CCD カメラは、それぞれが複雑に波長に依存した効率を有しており、さらには立体角は装置のアラインメントによって設計値通りになるとは限らない。そこで、信頼できる状態選択電子捕獲断面積の計算値が得られている衝突系について理論的な発光断面積を求め、実測値との比を取ることで、実効的な検出効率を決定した。

この方法で求めた検出効率を用いて、keV/u 領域の C^{4+} -He および N^{5+} -He 衝突における $He^+(2p)$ からの波長 30.4 nm の発光断面積を求めた。予備的な結果であるが 1.2×10^{-17} および $2.1 \times 10^{-17} \text{cm}^2$ という文献値 [1] とほぼ一致した値が得られ、この方法の妥当性が実証された。また、 O^{6+} -He 衝突では、同じ発光線について $2.4 \times 10^{-16} \text{cm}^2$ というかなり大きな断面積が得られた。多価イオンへの電荷移行に伴う標的の励起に関しては未だに研究例が少なく、特に定量的な理解は進んでいないため、これからも継続して実験を進める予定である。

一方、分子を標的にした多価イオン衝突実験では、生成した高価数の分子イオンからのフラグメント原子イオンについて、運動エネルギー放出 (kinetic energy release) に関する研究が主に行われてきた。しかし、我々は 14–20 価の Ta イオンと N_2 および O_2 の衝突において、3–5 価の原子イオンからの EUV 領域における発光を観測した [2]。このようなフラグメントからの発光に関する報告は他には皆無であり、励起機構についての理解が進んでいない。そこで、Ta よりも電子構造が簡単な Ar^{q+} ($q = 8–10$) を用いて N_2 との衝突における多価 N フラグメント原子イオンからの発光断面積を測定した。波長 23.9 nm 付近にある $N^{3+}(2p-4d)$ 遷移は微細構造が分解できていないが、10 価入射の場合に $1.3 \times 10^{-16} \text{cm}^2$ というかなり大きな断面積が得られた。同様な測定を継続して、励起フラグメント原子イオンの生成機構について考察を深めて行きたい。

[1] R. Hoekstra *et al.*, Z. Phys. D **25**, 209 (1993).

[2] H. Tanuma *et al.*, NIM B **408**, 213 (2017).