

プロメチウム様多価イオンの5p-5s共鳴線の謎

加藤太治¹、坂上裕之¹、村上泉¹、中村信行²

¹核融合研、²電通大レーザー

原子番号77を超える重元素のプロメチウム様多価イオンは、アルカリ金属様の基底状態 $4f^{14}5s$ をもつことが理論的に予測されている[1-4]。そのため、beam-foil実験[5-6]、電子ビームイオントラップ(EBIT)[7-8]、Tokamakプラズマ[9]などで5s-5p共鳴線の探索が数多く行われてきたが、予測される共鳴線ははっきりとは同定されなかった。著者らは、小型電子ビームイオントラップ(CoBIT)で測定されたビスマス(Bi)イオンの極端紫外域スペクトルを詳細に分析し、プロメチウム様多価イオンの5s-5p共鳴線は極めて弱い発光しか示さないことを明らかにした[10, 11]。むしろ、長寿命の準安定励起状態 $4f^{13}5s^2$ のポピュレーションが基底状態の10倍程度(population trapping)にもなり、そこからの $4f^{13}5s^2-4f^{13}5s5p$ 遷移による発光が支配的になる。一方、サマリウム様多価イオンの場合には、 $4f^{14}5s^2$ 1S_0 基底状態のポピュレーションが支配的であり、 $4f^{14}5s5p$ 3P_0 準安定励起状態にはpopulation trappingが起こらないことを示した[12]。

また、金(Au)からタングステン(W)までのプロメチウム様多価イオンのEUVスペクトルの分析を系統的に行い、いずれも $4f^{13}5s^2-4f^{13}5s5p$ 遷移による発光が支配的になることを示した。ところが、プロメチウム様 W^{13+} イオンの衝突・輻射モデルについては、CoBITの電子密度を数桁も過小評価する結果となった[12]。

- [1]L. J. Curtis and D. G. Ellis, Phys. Rev. Lett. 45 (1980) 2099.
- [2]C.E. Theodosiou and V. Raftopoulos, Phys. Rev. A 28 (1983) 1186.
- [3]M.J. Vilkas, Y. Ishikawa, and E. Träbert, Phys. Rev. A 77 (2008) 042510.
- [4]U. I. Safronova, A. S. Safronova, and P. Beiersdorfer, Phys. Rev. A 88 (2013) 032512.
- [5]B. M. Johnson, K.W. Jones, T. H. Kruse, L. J. Curtis, and D. G. Ellis, Nucl. Instrum. Methods 202 (1982) 53.
- [6]E. Träbert and P. H. Heckmann, Z. Phys. D 1 (1986) 381.
- [7]R. Hutton, Y. Zou, J. R. Almandos, C. Biederman, R. Radtke, A. Greier, and R. Neu, Nucl. Instrum. Methods B 205 (2003) 114.
- [8]S. Wu and R. Hutton, Can. J. Phys. 86 (2008) 125.
- [9]K. B. Fournier, M. Finkenthal, S. Lippmann, C. P. Holmes, H. W. Moos, W. H. Goldstein, and A. L. Osterheld, Phys. Rev. A 50 (1994) 3727.
- [10]Y. Kobayashi, D. Kato et al, Phys. Rev. A 89 (2014) 010501(R).
- [11]Y. Kobayashi et al, Phys. Rev. A 92 (2015) 022510.
- [12]D. Kato, H.A. Sakaue, I. Murakami, and N. Nakamura, submitted.