

## タングステニオンの極端紫外スペクトルにおける二電子性再結合過程の寄与について

### Contribution of dielectronic recombination process to EUV spectra of tungsten ions

村上泉<sup>1</sup>、佐々木明<sup>2</sup>、加藤太治<sup>1</sup>、小池文博<sup>3</sup>  
 Izumi Murakami<sup>1</sup>, Akira Sasaki<sup>2</sup>, Daiji Kato<sup>1</sup>, Fumihiro, Koike<sup>3</sup>

核融合研<sup>1</sup>、量研機構<sup>2</sup>、上智大<sup>3</sup>  
 NIFS<sup>1</sup>, QST<sup>2</sup>, Sophia Univ.<sup>3</sup>

プラズマ対向材料であるタングステンがスパッタリングによりプラズマ中へ放出されるとその大きな放射パワーによりプラズマの温度を低下させてしまう。プラズマ中のその挙動を調べるためには、分光計測とそれを解析するための分光モデルが欠かせない。電子温度が0.3~4keVのプラズマでは、タングステニオンは主量子数 $n=4$ の電子を最外殻に持ち、複雑な原子構造によりスペクトル構造も複雑になる。

電子温度が1keV前後のプラズマから観測されるタングステニオンの極端紫外域(EUV)の発光スペクトルは、分解できない多数の発光線が集まったUTAと呼ばれる構造を5-7nmに形成する。これまでに試みられた衝突輻射モデル[1,2]では、電子衝突電離、電子衝突励起・脱励起、放射遷移過程を考慮して構築されているが、このUTAの構造は再現できていない。これに対し、プラズマ中での二電子性再結合過程が重要な寄与を果たすのではないかという指摘がなされていた[1]。二電子性再結合過程は、比較的高温でもレートが大きく効果が期待できるが、タングステニオンの二電子性再結合過程の研究は、限られた価数のイオンしか行われておらず、さらに、再結合過程を取り込んだタングステニオンの分光モデルとしての衝突輻射モデル構築はこれまでなされていなかった。

そこで我々は、これまでの衝突輻射モデルに、電子捕獲と自動電離過程、放射性再結合過程、三体再結合過程を取り込んで、再結合過程によるEUVスペクトルへの寄与を調べることにした。今回の取り組みでは、二電子性再結合過程としてではなく、その元となる自動電離励起状態への電子捕獲と放射遷移を取り扱うことにより、その寄与を調べることにした。

ここでは、電子温度が1keV程度のプラズマで形成される27価のタングステニオンについ

て調べた。基底状態が $4d^{10} 4f$ の銀様イオンであり、主量子数 $n$ の大きなレベルや、自動電離励起状態も取り扱いやすい原子構造のイオンであるため、テストケースとして取り扱いやすい。

衝突輻射モデルに用いる原子データ、すなわち、レベルエネルギー、放射遷移確率、自動電離確率、電子衝突電離断面積、電子衝突励起断面積、放射再結合断面積はHULLACコードで計算した[3]。三体再結合過程は電子衝突電離過程の逆過程、電子捕獲過程は自動電離の逆過程として断面積を求めた。主量子数 $n=9$ までのレベルを考慮した。図1でこのモデルで計算した二電子性再結合係数とほかの例を比較する。自動電離状態を十分な数だけ考慮したモデル[4]と比較して再結合係数は一ケタ程度低くなっているため、スペクトルへの寄与は過小評価となっている。詳細はポスターで議論する。

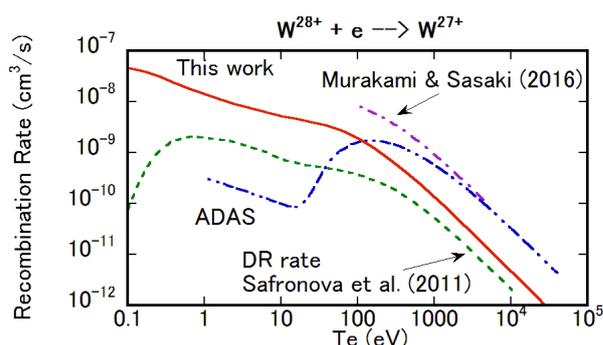


図1 二電子性再結合速度係数。

#### References

- [1] T. Putterich et al., AIP Conf. Proc. 1545 (2013) 132
- [2] I. Murakami et al., Nucl. Fusion, 55 (2015) 093016
- [3] A. Bar-Salon et al., JQSRT 71 (2001) 169
- [4] I. Murakami & A. Sasaki, submitted to AMPP2016 proceedings (2016)
- [5] U. Safronova et al., J. Phys. B 44 (2011) 035005
- [6] ADAS, <http://www.adas.ac.uk/>