

Cd 様－Rh 様多価イオンの可視／極端紫外領域の発光観測

児玉 龍之介¹, 木村 直樹², 鈴木 健人¹, 物部 将士¹, 沼舘 直樹¹,
東 俊行², 中村 信行¹

¹電気通信大学 レーザー新世代研究センター

²理化学研究所 東原子分子物理研究室

価電子が少なく準位構造の比較的単純な重元素多価イオンにおいて、準安定状態への占有密度の集中(ポピュレーショントラッピング)が起ることによって、発光強度に影響を及ぼす例が報告されている [1]。このような準安定状態は、発光過程のみならず電離過程にも影響するため、多価イオンを用いたプラズマ診断において準安定状態がもたらす振る舞いを理解することは非常に重要である。

今回我々は、小型電子ビームイオントラップ(CoBIT) [2]を用いて、Cd 様から Rh 様までのヨウ素多価イオンおよびバリウム多価イオンの発光を観測し、その発光強度の電子ビームエネルギー依存性を観測した。NIST のデータベース [3 -6]や Flexible Atomic Code(FAC) [7]を用いた計算と実験値の比較、また電子ビームエネルギー依存性も参考にしながら各発光線の遷移を同定し、その波長を決定した。

本実験では、Ag 様 Ba^{9+} の発光線が Cd 様 Ba^{8+} の基底状態($5s^2 : ^1S_0$)からの電離閾値以下の電子ビームエネルギーで観測された。これは、Cd 様 Ba^{8+} の励起状態($5s 4f$)に存在する準安定状態からの電離によって Ag 様 Ba^{9+} が生成されたものと考えている。また、Pd 様 Ba^{10+} と Rh 様 Ba^{11+} の発光線も Ag 様 Ba^{9+} と同じく、想定よりも低いエネルギーで発光線が確認されており、これらも準安定状態からの電離の寄与が関係している。特に、Pd 様 Ba^{10+} においては、電子エネルギーを増加させると発光強度が一旦低下した後、再び増加するような特殊な振る舞いが観測された。この結果は Ag 様 Ba^{9+} の準安定状態の占有密度がエネルギーによって変化している可能性を示唆している。また、Rh 様 Ba^{11+} の発光線は、電子ビームエネルギーの増加に対して 2 段階の強度変化を示した。この振る舞いは Pd 様 Ba^{10+} が $4d^9 4f$ と $4d^9 5s$ に 2 つの準安定状態を有することに起因していると推測される。

一方、ヨウ素多価イオンの発光線観測では、Pd 様 Ba^{10+} と Rh 様 Ba^{11+} が示したような発光線強度の特異なエネルギー依存性は確認されていない。この差異は等電子系列のヨウ素多価イオンとバリウム多価イオンの間に存在する $4f - 5p$ 準位交差が要因と考えている。

発表では、まず観測した発光線とその遷移同定手法を詳しく説明する。その後、発光強度のエネルギーに対する特異な振る舞いを、バリウムイオンとヨウ素イオンの準位構造、および衝突輻射モデルを用いた占有密度計算結果を交えて議論する。

参考文献

- [1] D. Kato *et al.*, NIMPR Section B, 408, 16 (2017)
- [2] N. Nakamura *et al.*, Review of Scientific Instruments 79, 063104 (2008)
- [3] V. Kaufman, J. Sugar, Y. N. Joshi J. Opt. Soc. Am. B, Vol.5 (1988)
- [4] S. S. Churilov, Y. N. Joshi, Physica Scripta. Vol. 62, 282-288 (2000)
- [5] S. S. Churilov *et al.*, Physica Scripta. Vol. 61, 420-430 (2000)
- [6] S. S. Churilov and Y. N. Joshi, Physica Scripta. Vol. 73, 188-195 (2006)
- [7] M. F. Gu, Canadian Journal of Physics, 2008, 86(5), 675 (2011)