

CoBITによるタングステン多価イオンの可視分光実験

恵良彰太¹、坂上裕之²、村上泉²、中村信行³、加藤太治^{1,2}

¹九州大、²核融合研、³電気通信大

国際熱核融合実験炉 (ITER) では、高熱負荷を受けるダイバータ表面にタングステン材料が使用される。しかし、タングステンはITERの中心プラズマでも完全電離せず、強いX線を放出して、プラズマ温度を大きく下げってしまうこと（放射冷却）も知られている。高エネルギー中性子が発生する核融合プラズマでは、光ファイバーの使用が可能な可視域での計測が望まれる。最近、核融合科学研究所の大型ヘリカル装置 (LHD) で行われたタングステンペレット入射実験において、中心プラズマで生成されたタングステン多価イオンからの近紫外域の発光線が初めて観測され、高温プラズマのタングステン計測への有用性が示された [1, 3]。しかし観測された発光線の波長、価数や原子過程などの基礎データの多くがまだ不明のままである。そこで、我々は、核融合研の小型電子ビームイオントラップ（通称CoBIT）装置 [2] を用いてタングステン多価イオンからの近紫外～可視域の発光線を測定し、基礎データの整備を進めている。

本実験では、CoBIT装置内へのタングステンの導入は、常温で昇華するタングステンヘキサカルボニル $W(CO)_6$ を使い、ガス導入装置より行った。CoBIT装置内で生成された多価イオンからの発光は、観測窓の外に設置した両凸レンズにより分光器のスリットに集光し、コリメート鏡で平行光にした後、1800本/mmの平板回折格子で分散させ、カメラ鏡で波長ごとに集光して液体窒素冷却CCDで検出した。波長較正には、分光器のスリット前面に置いたAr、He、Hgの放電ランプからの既知の発光線を用いた。

今回の実験では、CoBITの電子ビームエネルギーを490 eV ~ 1 keVの範囲で変化させ、発光線の出現エネルギーから、315~365nmの波長域に現れるタングステン多価イオンの発光線の価数の同定を行った。CoBIT装置内の多価イオンの励起状態分布は、電子ビームとの衝突励起と光放射脱励起が釣り合った定常状態にある。CoBITの電子密度 (10^{10}cm^{-3} 程度) では、多価イオンはほとんどが基底状態にあると考えられる。したがって、今回の実験で観測された発光線は、基底状態もしくは寿命の長い準安定励起状態にあるタングステン多価イオンの微細構造準位間の遷移によるものと考えられる [3]。また、本実験結果に基づき、先にLHDで行ったタングステンペレット入射実験により観測された未同定の発光線の価数を暫定的ではあるが同定できた。

[1] D. Kato et al., "Near UV-visible line emission from tungsten highly-charged ions in Large Helical Device", NIFS-PROC-98 (2015) 43.

[2] H. A. Sakaue et al., "A compact EBIT for spectroscopic studies of moderate charge state ions", JINST 5 (2010) C08010.

[3] A. Komatsu et al., "Visible Transitions in Highly Charged Tungsten Ions: 365nm - 475nm", PFR 7 (2012) 1201158.