

タングステン多価イオン可視禁制線の原子過程モデリング

Atomic model for visible forbidden line emission of tungsten highly charged ion

加藤太治^{1,2}、坂上裕之¹、村上 泉^{1,2}、後藤基志^{1,2}、大石鉄太郎^{1,2}、森田 繁^{1,2}、藤井恵介³、中村信行⁴Daiji Kato^{1,2}, Hiroyuki A. Sakaue¹, Izumi Murakami^{1,2}, Motoshi Goto^{1,2}, Tetsutaro Oishi^{1,2},
Shigeru Morita^{1,2}, Keisuke Fujii³, Nobuyuki Nakamura⁴,¹核融合研、²総研大、³京大工、⁴電通大レーザー研¹NIFS, ²SOKENDAI, ³Kyoto Univ., ⁴UEC

将来の核融合炉のプラズマ対向機器材料として注目されるタングステンについて、コアプラズマでのタングステン多価イオン計測に、基底状態の微細構造準位の間で生じる磁気双極子 (M1) 遷移による近紫外～可視領域の発光線を利用する研究を行っている。

本研究グループで独自に開発した小型電子ビームイオントラップ (CoBIT) を用い、イオン価数を特定した発光線の波長測定を行った。また、長波長領域でのM1線発光の衝突輻射モデルを構築した。モデル構築に必要なタングステン多価イオンの微細構造準位エネルギー、それらの間の遷移確率、電子衝突断面積の計算には、相対論的なスピン軌道関数に基づいたHullacコードを用いた。本モデルを用いて、発光強度の電子密度/温度に対する依存性、及びプロトン衝突の効果の評価した。ただし、現状でデータの入手が困難なため、本研究ではプロトン衝突断面積は電子衝突断面積を質量比でスケールして代用した。W²⁷⁺イオン基底項M1線 (4f²F_{7/2}-²F_{5/2} 337.7 nm) の発光強度については、高温 (> 1.5 keV) でプロトン衝突励起による効果が発著になること、また電子密度が10¹³ cm⁻³を超えると密度依存性がほとんどなくなることが分かった。

LHDでのタングステンイオン計測にW²⁷⁺の基底項M1線の応用を試みた。タングステンのワイヤー (長さ0.6 mm、直径0.6 mm) を内包したポリエチレン製ペレットを入射し、CCD検出器を装備したCzerny-Turner型の可視紫外分光システムを用い、横長ポロイダル断面縦方向を44チャンネルに分割して発光スペクトルを測定した。図1は、視線積分発光強度のポロイダル断面縦方向の分布と、同じ放電 (#121534) での中心電子温度の時間変化である。ペレット入射後、電子温度の時間変化に応じて、発光強度分布が変化

する様子を示している。これから、W²⁷⁺基底項M1線は電子温度1 keV付近で発光強度が最大になることが分かる。この温度はW²⁷⁺イオンの電離平衡分布が最大となる温度とほぼ一致する。また、電子温度が定常になるフェーズ (5-5.5 s) では電子密度は上昇しているが、発光強度は徐々に低下している。つまり、ペレット入射後にコアプラズマで生成されたW²⁷⁺イオンが時間経過とともに周辺に吐き出されていることを示唆する。現在、本研究で明らかになったタングステン多価イオン分布の時間発展について、実験結果のさらに詳細な分析を進めており、輸送モデルを用いた解析も計画中である。

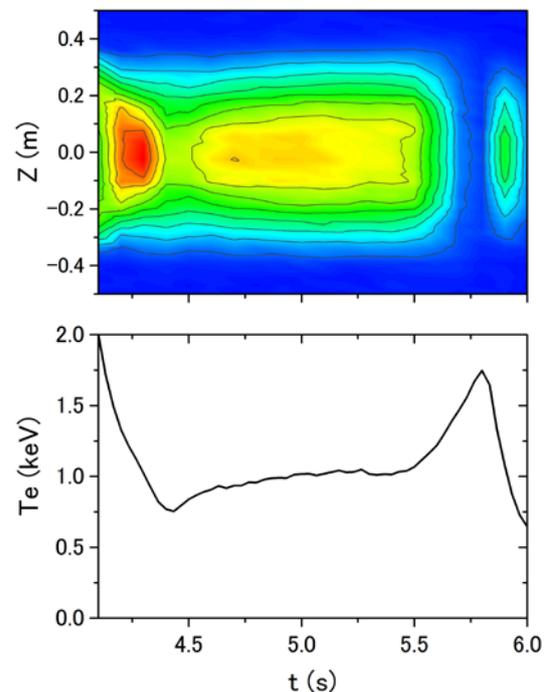


図1 上) W²⁷⁺基底項M1線の視線積分強度分布の時間変化、下) 中心電子温度の時間変化。ペレットは4 sで入射。