

小型電子ビームイオントラップを用いたタングステン多価イオンの 近紫外域禁制遷移の同定

Identification of near-UV forbidden transitions of highly charged tungsten ions using a compact electron-beam-ion-trap

梅崎 智暉¹, 加藤 太治^{2,1}, 坂上 裕之², 中村 信行^{3,2}, 川手 朋子^{2,4}, 村上 泉^{2,4}, et al.
 UMEZAKI Toshiki¹, KATO Daiji^{2,1}, SAKAUE Hiroyuki², NAKAMURA Nobuyuki³, KAWATE Tomoko^{2,4},
 MURAKAMI Izumi^{2,4}, et al.

¹九大, ²核融合科学研究所, ³電通大, ⁴総研大
¹Kyushu Univ., ²NIFS, ³UEC, ⁴SOKENDA

1. 研究背景

タングステン(W)多価イオンの近紫外・可視光領域の禁制遷移は、核融合プラズマの新しいタングステン診断法として有用である。大型ヘリカル装置(LHD)において、近紫外域のW²⁶⁺とW²⁷⁺の磁気双極子(M1)線が同定され、実際のタングステン計測への応用が始まっているが、より低価数のW多価イオンについては遷移の同定が行われていない。そこで本研究では、核融合研の小型電子ビームイオントラップ(CoBIT-II)装置を用いて、W多価イオンの近紫外域の発光線を価数選別して観測し、同波長域に現れるW²⁵⁺の発光線の同定を行った。

2. 実験方法

CoBIT装置は、電子銃、超伝導コイル、ドリフトチューブ(DT1,2,3)、電子コレクタで構成されており(図1)、中央のドリフトチューブDT2にトラップされたイオンを超伝導コイルの磁場で細く絞られた高密度電子ビームによる逐次電離で多価イオン化する。電子ビームエネルギーによりトラップ領域内のイオンの最高価数を任意に制御することが可能で、タングステンであれば10~40価程度が生成可能となっている。CoBITへのタングステンの導入には、W(CO)₆の蒸気をガス導入することにより行った。低価数の希ガスイオンをCoBIT-II内のW多価イオンと同位置で発光させ、波長校正用の発光線データを取得した。

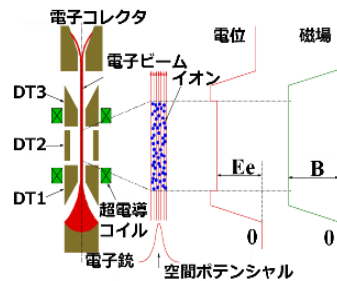


図1 CoBITの原理

3. 結果

今回はLHDで観測された334.2, 334.5 [nm]に現れる発光線を同定した。これらは電離エネルギーよりW²⁵⁺であることがわかった。また、分光器の

配置による検出器上の信号分布の微小な“ゆがみ”も考慮して中心波長を決定した。発光線スペクトルの衝突・輻射モデル計算により、今回観測された発光線はW²⁵⁺の基底状態4f³の微細構造準位間のM1遷移によるものと同定できた。また、遷移波長について2つの異なる方法に基づく原子構造理論計算の精度比較を行った。本研究により、今後W多価イオン計測に利用できる近紫外域の発光線データの拡充ができた。

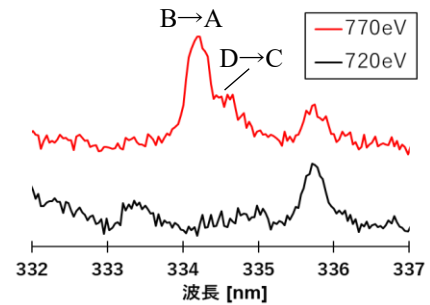


図2 電子ビームエネルギー720eVと770eVで得られたW²⁴⁺とW²⁵⁺の発光線スペクトル。W²⁴⁺からW²⁵⁺への電離エネルギーは734.1eV。

- A : (4f_{5/2})² (2) 4f_{7/2} J=3/2
- B : (4f_{5/2})² (4) 4f_{7/2} J=1/2
- C : 4f_{5/2} (4f_{7/2})² (4) J=3/2
- D : 4f_{5/2} (4f_{7/2})² (2) J=1/2

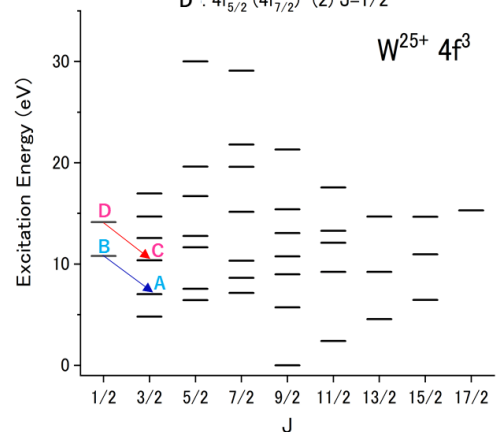


図3 W²⁵⁺の基底状態4f³のエネルギー準位ダイアグラム。Jは全角運動量子数。