

LHD プラズマを用いたランタノイド系元素多価イオンからの 極端紫外スペクトルの系統的観測

Systematic Observation of Extreme Ultraviolet Spectra from Highly Charged Ions of Lanthanide Elements Using LHD Plasmas

鈴木千尋, 小池文博¹, 村上泉, 田村直樹, 須藤滋²

Chihiro SUZUKI, Fumihiko KOIKE¹, Izumi MURAKAMI, Naoki TAMURA, Shigeru SUDO²

核融合研, 上智大学¹, 中部大学²

NIFS, Sophia Univ.¹, Chubu Univ.²

ランタノイド系元素の多価イオンからの極端紫外 (EUV) 領域の発光スペクトルは、多電子相関や配置間相互作用といった、原子物理学的に興味深い現象に密接に関連するのみならず、次世代半導体リソグラフィ等の、プラズマを用いた短波長光源への応用の観点からも重要である。しかし、分光データの蓄積と分光モデルの構築は未だ不十分であり、スペクトルの Z 依存性を系統的に整理することは、基礎科学的にも有意義といえる。そこで本研究では、光学的に薄いプラズマからの、比較的解釈の容易なスペクトルが観測できる、核融合科学研究所の大型ヘリカル装置 (LHD) において、ペレット入射装置を用いて $Z=60-70$ の各種ランタノイド系元素をプラズマ中に導入し、斜入射分光器を用いて EUV スペクトルの観測を系統的に行った。

観測された各元素からの代表的な EUV スペクトルを、原子番号順に上から並べて下図に示す。電子温度が比較的高温 (2-3 keV 程度) の場合を左側に、低温 (1 keV 程度以下) の場合を右側に示す。高温の場合は、離散的な発光スペクトルが得られ、強いスペクトル線の波長は原子番号とともに短波長側へ移動しているのが分かる。これらは主にガリウム様から銅様までの比較的高価数のイオンからのスペクトル線であり、本研究で初めて実験的に同定されたラインも含まれている。低温の場合は、主に 4d または 4f 副殻を最外殻とする比較的低価数のイオンからの、 $n=4-4$ 遷移にともなう疑似連続的な発光帯が観測されているが、そのピーク波長は原子番号とともに短波長側へ移動し、かつ幅が広がっていくことが分かる。また、Gd 以降の元素では、銀様イオンからの二重項による近接した 2 本のラインが、ピークの長波長側に観測されている。

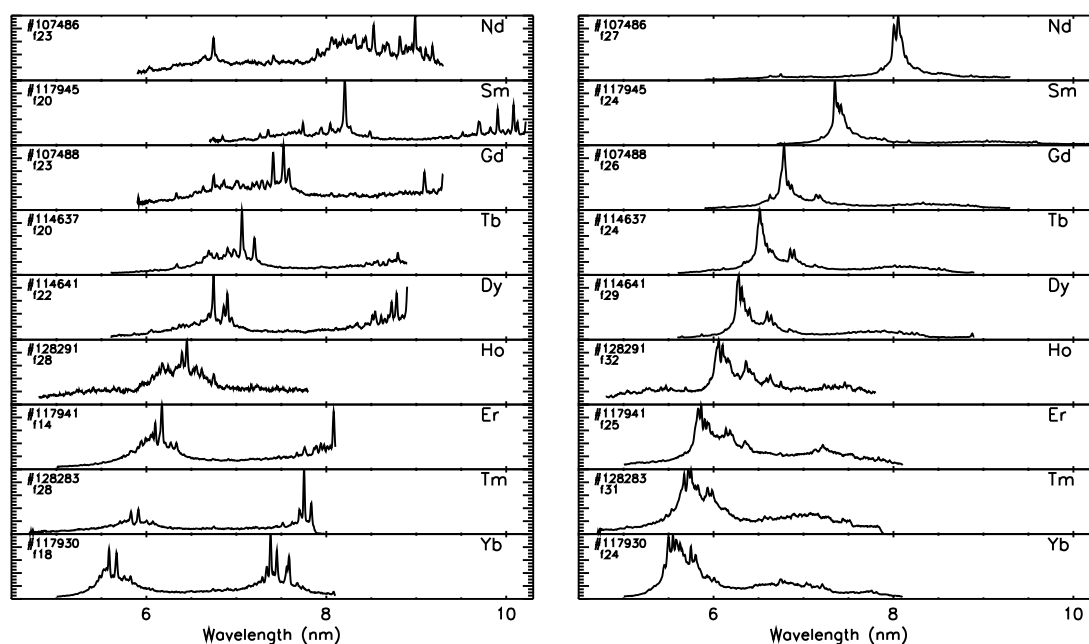


図 1: LHD で観測された、電子温度が高い場合 (左) と低い場合 (右) の各元素からの EUV スペクトル。