

ゲルマニウム多価イオンの EUV 放射特性

Property of EUV emission from multi-charged state germanium (Ge) ions

宇都宮大院工¹, 宇都宮大オプト², 富山大理工³, 核融合研⁴

○原 広行¹, 鈴木 悠平¹, チン タンフン², 大橋 隼人³, 坂上 裕之⁴, 鈴木 千尋⁴, 加藤 太治⁴,
村上 泉⁴, 東口 武史^{1,2}

Utsunomiya Univ.¹, CORE, Utsunomiya Univ.², Univ. Toyama³, NIFS⁴

○H. Hara¹, Y. Suzuki¹, T.-H. Dinh², H. Ohashi³, H. Sakaue⁴, C. Suzuki⁴, D. Kato⁴,
I. Murakami⁴, and T. Higashiguchi^{1,2}

E-mail: mt146648@cc.utsunomiya-u.ac.jp

波長 13.5 nm の EUV リソグラフィ光源には、CO₂ レーザー生成スズプラズマ方式が開発されており、変換効率は約 5% も実現されている [1]。その後、波長 6.x nm の beyond EUV (BEUV) 光源の必要性が指摘され [2]、希土類元素としての Gd や Tb について、放射スペクトルや変換効率が評価されている [3-5]。しかしながら、短波長の 6.x nm を放射する Gd や Tb での UTA (unresolved transition array) 放射に適した電子温度は、衝突・放射モデルによると約 100 eV が必要になり、波長 13.5 nm の Sn プラズマ時よりも 1 桁大きなレーザー強度が必要になる。一方、スペク

トル純度は下がるものの、ガリウム (Ga) やゲルマニウム (Ge) は、波長 13.5 nm と 6.x nm を同時に放射でき、最適電子温度も Sn プラズマの最適電子温度と同等の 30 – 50 eV で良い。このことから、最適レーザー強度も Sn プラズマと同等となる。このことに加えて、Ga の融点は室温程度であり、液滴化しやすく、高繰り返し動作に対しても障害は少ない。³¹Ga と ³²Ge は原子番号は一つしか違いはないことから、電子配置や多価イオンから放射される EUV スペクトルもほぼ同等であると期待される。本研究では、Ga プラズマを模擬するため、Ge を対象とし、EUV 放射特性を明らかにすることを目的としている。

本研究では、レーザー生成ゲルマニウムプラズマからの放射スペクトルおよび変換効率を観測した。また、電子ビームイオントラップ装置を用いて、図 1 に示すような価数分離スペクトルを観測した。現在、原子コード (HULLAC, FAC) を用いて、電子密度が $n_e \approx 1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ における価数分離スペクトルを評価した。これらの結果を用いて、レーザー生成プラズマ光源について検討しているところである。

- [1] 東口 武史 他, レーザー研究 **42**, 14 (2014).
- [2] G. Tallents *et al.*, Nat. Photon. **4**, 809 (2010).
- [3] T. Otsuka *et al.*, Appl. Phys. Lett. **97**, 111503 (2010).
- [4] T. Higashiguchi *et al.*, Opt. Express **21**, 31837 (2013).
- [5] K. Yoshida *et al.*, Appl. Phys. Exp. **7**, 086202 (2014).

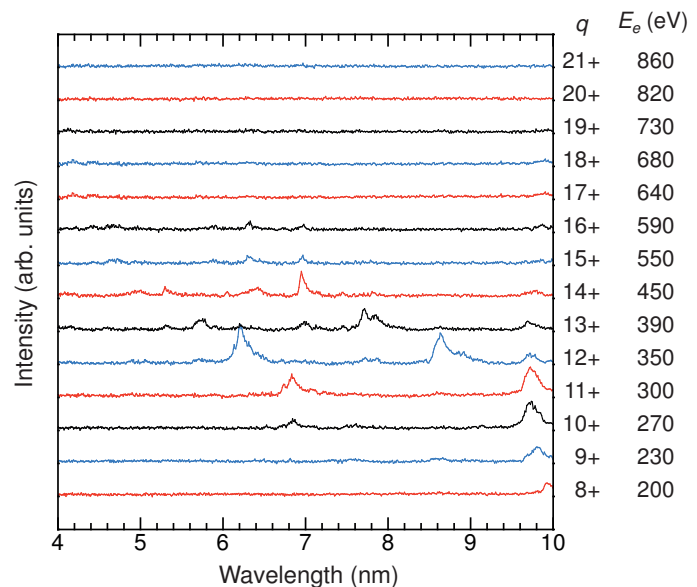


図 1：価数分離 EUV スペクトル