

再結合プラズマ法によるリチウム様アルミニウムイオンの 軟Xレーザー発振

難波 慎一¹, 久保 暢明¹, 岸本 牧²

¹広島大学, ²量研機構

<https://www.plasmasciencelab.com/>

再結合プラズマを用いたレーザー発振は古くから研究が進められてきた。特に、レーザー生成プラズマの断熱膨張に伴う非平衡再結合プラズマは反転分布が容易に発生するため、レーザー媒質として適している。また、現在の主流である過渡的電子衝突励起法(TCE)よりも少ないレーザーエネルギーで発振することができるため、小型・高繰り返し化が期待できるという利点もある。

我々は比較的小型のレーザーをアルミニウムに線状照射し、高密度再結合プラズマ中でのリチウム様アルミニウムイオン 3d-4f 遷移 (波長 15.5 nm) の発振を試みている。この方式はかつて理研や豊田工大で発振が確認されている。本研究の目的は励起用 YAG レーザーのパルス幅を従来の 100 ps から 10 ps, あるいは, 400 ps とすることで X 線レーザー発振の利得係数が改善できるのかを調べることにある。今回は 400 ps パルスでの利得係数を計測したので報告する。

本研究で使用した装置は大きく分けて 2 つから構成されている。一つはレーザープラズマ発生部であり、励起用 Nd:YAG レーザー (パルス幅: ~400 ps, 16 パルストレイン, 各パルスの間隔 1 ns, 合計出力: ~3 J), 線集光プリズムアレイ, アルミ平板ターゲットである。線集光強度は 3.4×10^{11} W/cm² (集光サイズ: 50 μ m $\times$ 11 mm) である。もう一つはプラズマからの軟 X 線を分光分析するシステムであり、これにはトロイダルミラーを前置鏡とする斜入射分光器を用いた。なお、回折格子は 1200 本/mm の平面結像型で、検出器は X 線 CCD カメラである。分光器スリット前面には帯域外の可視・紫外光を遮蔽するため、Zr 薄膜フィルタが挿入されている。分光器の波長較正は炭素をターゲットとし、既知の水素様、ヘリウム様イオンのスペクトルを計測することで行った。

リチウム様アルミニウム(Li-like Al)イオンの軟 X 線レーザー発振線の観測を行った結果、駆動レーザーが 2 J 以上において 15.5 nm の Li-like Al イオン 3d-4f 線発振がはっきりと確認できた。この発振が見られるのはターゲットから 100~650 μ m の範囲内であり、最も高い発光強度が得られたのは 150 μ m 付近のところであった。一方、アルミターゲットへの線集光長を変えることで利得係数を評価したところ、 $g \sim 7$ cm⁻¹ という値が得られた。この値は 100 ps パルスで得られていた $g \sim 4.2$ cm⁻¹ と比べて大幅に改善されているため、パルス幅・パルス列間隔を最適化することによりさらに高い利得係数が得られる可能性を示している。