

高強度レーザー駆動高エネルギー密度プラズマにおける X線輻射と輸送の物理

Physics of X-ray radiation and transport in high energy density plasma driven by intense laser

杉本 馨^{1,2)}, 岩田 夏弥^{2,3)}, 佐野 孝好²⁾, 砂原 淳⁴⁾, 千徳 靖彦²⁾
K. Sugimoto^{1,2)}, N. Iwata^{2,3)}, T. Sano²⁾, A. Sunahara⁴⁾, and Y. Sentoku²⁾

¹阪大院理, ²阪大レーザー研, ³阪大高等共創研, ⁴パデュー大CMUXE

¹Dept. of Phys., Grad. Sch. of Sci., Osaka Univ., ²ILE,

³Inst. for Advanced Co-Creation Studies, Osaka Univ., ⁴CMUXE, Purdue Univ.

ペタワット(10^{15} W)レーザーは銀などの重金属を固体密度に保ちながら数keV(~1千万度)にまで瞬時に加熱し、高価数にイオン化したプラズマへ遷移させることが可能である。keV以上の温度に加熱されたターゲット、特に、銀などの重金属の薄膜から生成された高温プラズマは大量の硬X線を輻射する[1]ため、高輝度X線源への応用が始まっている。

光学的に厚いレーザー駆動重金属プラズマが形成され、その内部を光が伝搬する場合、X線などの高い透過力を持った光子に対しても吸収の効果が現れる。このようなターゲット内部での輻射エネルギーの輸送現象を利用したレーザー駆動の高温黒体輻射源を実験室で使用する研究が進められている。観測されるX線スペクトルはターゲット配位、加熱過程、X線の観測位置に依存する。光学的に厚いプラズマに対する、レーザー加熱過程および輻射輸送を含めた相互作用の包括的な理解は上述の高輝度線源等の応用技術実現のために重要である。しかしながら、高強度レーザープラズマ相互作用では、電子やイオンのダイナミクスに伴う現象がfs-ps、nm- μ mスケールで生じるため実験による詳細な計測は困難である。そのため、形成されるプラズマ内部での光の輻射・吸収エネルギーの分布や輻射スペクトルの角度依存性などの基本的な物理特性は未解明である。

本研究の目的は高強度レーザーと光学的に厚い重金属プラズマの相互作用において発生するX線スペクトルに対するプラズマ中での輸送輸送の影響および輻射特性を理解することである。今回、自己無撞着なレーザープラズマ相互作用シミュレーションを可能とする2次元

プラズマ粒子コードPICLS2dを用いて、高強度レーザー(強度 $\sim 10^{19}$ W/cm², パルス長 $\sim$ ps, スポット直径 10μ m)による厚さ 5μ mの銀平板ターゲットの加熱シミュレーションを行った。計算では輻射輸送方程式をCIP法によって解き、輻射・吸収係数のデータベースをCRE(衝突輻射平衡)モデルで作成し、輻射エネルギーの輸送を計算する際に参照した。

銀薄膜のレーザー等積加熱の結果、レーザー照射面($x=10\mu$ m)から深さ 2μ mまでの範囲は輻射によるエネルギーの流出が吸収を上回り、さらに深い領域では輻射と吸収がほぼ釣り合うようなエネルギー状態が形成された(下図参照)。また、銀プラズマからの輻射は観測位置によって異なるスペクトルを持つことを確認した。特に、光子が銀プラズマの中を進む距離が減衰長に比べて十分長い場合、その光子の輻射分布はkeV温度の黒体輻射様となった。本発表では高強度レーザー駆動銀プラズマの温度・電離度の分布と輻射X線のスペクトル等の特性の詳細について報告する。

[1] K. Sugimoto *et al.*, High Energy Density Phys., **36**, 100816 (2020).

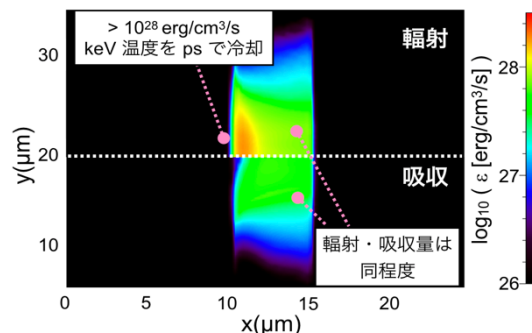


図. シミュレーションより得られた、銀プラズマのX線輻射・吸収エネルギーの分布。