

ガス雰囲気中のレーザー励起プラズマ軟X線の高輝度化 Generation of intense laser-driven plasma X-rays in gas atmospheres

小田切 誠¹, 角中 昇², 岸本 牧³, 松岡 雷士¹, 難波 慎一¹
M. ODAGIRI¹, N. KAKUNAKA², M. KISHIMOTO³, L. MATSUOKA¹, S. NAMBA¹

1 広大院工, 2 広大工, 3 量研機構
¹Hiroshima Univ, ²Hiroshima Univ, ³QST

1. はじめに

細胞の主要構成元素である炭素に吸収されやすく、細胞を取り巻く水にはほとんど吸収されない特徴を持つ水の窓軟X線 (2.3 nm~4.4 nm) を用いた軟X線顕微鏡は細胞の内部構造を生きたまま観察できる技術として注目されている。しかし、放射線損失や熱による変性による像ボケを抑え高空間分解能を達成するには高輝度短パルス軟X線源が必要である。水中細胞の微細構造を超高空間分解能で瞬間撮像するのに必要な高輝度軟X線パルスを発生させるためには、数10 J 以上の大型パルスレーザーが不可欠となっている。

汎用性がある安価な軟X線顕微鏡を実現するにはX線励起用ドライバレーザーの小型化が不可欠である。そのため、我々はナノ秒、1 J程度のNd:YAGレーザーを用いた高輝度プラズマ軟X線源の開発を行っている。最近になって、数Torr程度の窒素ガス雰囲気中でレーザー生成金プラズマを発生させると、水の窓域のX線量が大幅に増大することが明らかとなった。本研究では様々なガス種、ガス圧力でレーザープラズマを発生させ、そこからの軟X線スペクトルを計測することで軟X線増強メカニズムを調べることを目的とする。

2. 実験方法

実験ではNd:YAGレーザー (1064 nm, ~7 ns, ~1 J) を真空容器内に設置した固体ターゲットに45°方向から照射した。容器内へのガス導入はマスフローコントローラで行い、ガス圧測定にはバロトロン絶対圧真空計を用いた。ターゲットには金、アルミニウム、カーボンを用いた。一方、ガス種依存性を調べるために窒素、酸素、アルゴン、ヘリウムを採用した。様々な条件下でX線スペクトルがどのように変化するのかを調べた。なお、2-6 nm付近の軟X線計測にはTi薄膜(200 nm厚)をフィルタとして挿入することで、不要な軟X線をブロックし、斜入射分光器 (平面結像型回折格子1200 grvs/mm, SX-CCDカメラ) にて行った。

3. 実験結果

図1に計測された金ターゲットにおける窒素ガス雰囲気下の軟X線スペクトルを示す。バックグラウンドは削除してある。ガス圧が200Paまでは水の窓域X線が減少するのに対し、それ以降は増大し

450Paで最大になる。長波長側では窒素ガスの吸収により強度が下がる。窒素ガス以外のガス種ではこのようなX線の増大は見られなかったため、窒素固有の現象と考えられる。

図2に金ターゲットにおける水の窓域X線積分値の窒素ガス圧依存性を示す。200Paと400Paでは積分値が3倍ほど増大しているのが分かる。

本講演ではガス種、ターゲット依存性によるX線増大メカニズムを詳細に調べたので報告する。

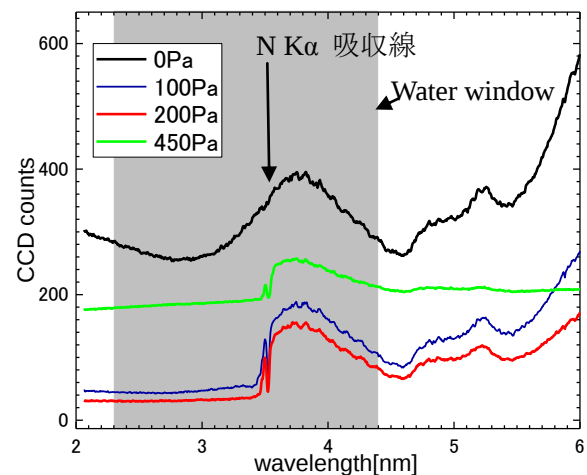


図1. 金の窒素ガス雰囲気中での軟X線スペクトル。

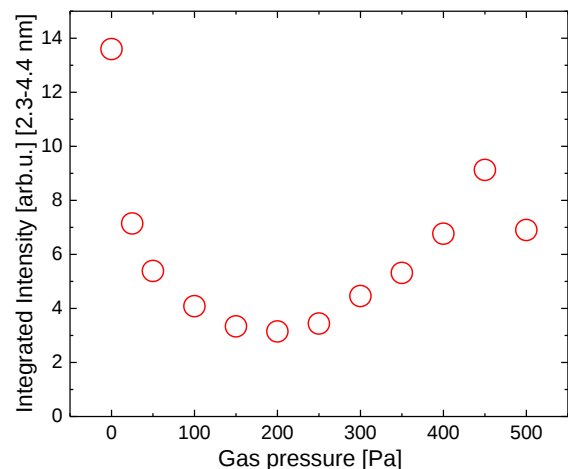


図2. 水の窓域X線 (積分値) の窒素ガス圧依存性。