0/12

ガス雰囲気下でのレーザープラズマ 軟X線の高出力化

<u>難波愼一</u>広島大 岸本牧,長谷川登,錦野将元 量研機構 東口武史 宇都宮大 江島丈雄 東北大

レーザープラズマ光源を用いた軟X線顕微鏡

1/12

レーザープラズマから放射される水の窓域軟X線(2.2-4.4nm)を用いたX線顕微鏡 は細胞内部構造を生きたまま観察できる技術として期待されている



より高い空間分解を実現するためにはX線発生量を増大させる必要がある 例) 50 nmの空間分解を得るには2.4x10⁶photons/µm²以上の光子数

ガス雰囲気下でのレーザープラズマX線

加道らは阪大レーザー研GEKKO XIIの実験において, 窒素ガス雰囲気中 で金ターゲットをレーザー照射すると水の窓域軟X線強度が増大する現象 を観測



ガス雰囲気下での水の窓域X線の高出力化

4/12

市販のジュール級YAGレーザーでも同様の現象が起こるのであれば、コンパクトで安価な軟X線顕微鏡を実現できる可能性がある!

本研究の目的

- 1. ナノ秒, 1J程度のNd:YAGレーザーを用いることで, 窒素雰囲気中のレー ザー生成金プラズマからの軟X線が増大するのかを確認
- 2. レーザー照射条件, 窒素ガス圧依存性を調べることで, 最適な軟X線発生条 件を特定
- 3. ガス種,ガス圧力に対する軟X線強度依存性を調べることで,軟X線増強メカ ニズムを調べる



実験装置の概略図

5/12

金ターゲットにジュール級YAGレーザーを照射し、斜入射分光器で軟X線を計測



レーザープラズマからの軟X線スペクトル例



6/12



ガス圧50Paまでは水の窓域X線が減少するが、それ以降は増大しはじめて、 300Pa付近ではガス無しの場合の約2倍の強度になっている.

水の窓域X線強度の窒素ガス圧依存性

水の窓域X線(2.3-4.4nm積算値)が窒素ガス圧力でどのように変化するのか調べた



300Pa以上でも軟X線強度は増大しているが、これ以上の圧力は分光器のポンプ容量を超えるため計測できていない...

▶ 今後, ガスパフ方式で局所的・短時間で窒素ガスを供給する方式へ変更

X線スペクトルの雰囲気ガス種依存性

窒素以外に,酸素,ネオン,アルゴン,ヘリウム雰囲気下でもX線スペクトルを計測



4種類のガスについては、ガス圧と共に発光強度は単調減少するので、水の窓域 X線が増大するのは窒素特有の現象!

8/12

X線スペクトルの雰囲気ガス種依存性

8/12

窒素以外に,酸素,ネオン,アルゴン,ヘリウム雰囲気下でもX線スペクトルを計測



4種類のガスについては、ガス圧と共に発光強度は単調減少

水の窓域X線の発光領域特定

トロイダルミラー付分光器(2400本/mm)で空間分解スペクトルを計測した. ✓ 水の窓域X線に寄与するのはターゲットから100 μm程度の高温プラズマ ✓ 距離が離れると低価数のイオンが支配的







Cryan et al, J. Phys. B 45, 055601 (2012).



10/12



◎ 広帯域X線が波長3-4nmの波長に変換され、水の窓軟X線が増大?

X線の拡がり角

11/12





まとめと今後の課題

12/12

レーザー生成金プラズマから放射される水の窓域軟X線がガス雰囲気でどのよう に変化するのかを調べた

<u>〇窒素ガス雰囲気での実験</u>

✓低ガス圧力では水の窓域軟X線強度が多少減少したが、圧力400Paにおいては4倍程度増大した

- <u>〇酸素, ネオン, ヘリウム, アルゴンガス雰囲気での実験</u>
 - ✓ 軟X線強度はガス圧とともに単調減少

<u>〇窒素ガス雰囲気での水の窓域X線の増大メカニズムの可能性</u>

- ✓ 広帯域X線による内殻電子の光電離
- ✓ オージェ電子(~360eV)による多価イオンの電子衝突励起とその後の輻射 →広帯域X線から水の窓域X線への波長変換の可能性

今後の課題

- ✓ 差動排気系を整備し、より高いガス雰囲気下での実験
- ✓ パルスガスジェット方式を採用し、窒素ガスによるX線吸収を抑制
- ✓ トロイダルミラーを用いて放射されるX線の空間分布をより詳細に計測し,窒素雰囲気中でのX線増大メカニズムを解明

水の窓領域軟X線(2.3 nm-4.4 nm)強度と N_2 ガス圧の関係(N_2 ガスの吸収を補正)

