

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	氏名	JOHN Christian
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当		
論 文 題 目			
Spectroscopic Study on Enhancement of Water-Window X-ray Radiation Emitted from Laser-Produced Gold Plasmas (レーザー生成金プラズマからの水の窓域 X 線放射増大に関する分光研究)			
論文審査担当者			
主 査	教 授	難 波 慎 一	印
審査委員	教 授	遠 藤 琢 磨	印
審査委員	教 授	城 崎 知 至	印
〔論文審査の要旨〕			
<p>水の窓域と呼ばれる波長域の軟 X 線は、ナノメートルスケールで物質を観測できる X 線顕微鏡に不可欠な光源であり、生体細胞の内部構造や材料の物性評価には不可欠な研究ツールである。X 線発生方法として最も有望なのは、高強度レーザーを物質に照射し、その際に放射される X 線である。高出力、短パルス、発光領域が小さい、など他の X 線光源にはない利点を有する。しかしながら、駆動レーザーは極めて大型・高価であり、繰り返しや汎用性の観点から実用化の目処は立っていない。</p> <p>本研究では水の窓域軟 X 線を大幅に増大できる手法を新たに開発し、さらに市販のジュール級ナノ秒レーザーで X 線顕微鏡に必要な X 線量を発生させることを目的とする。これが実現できれば大学の研究室規模で X 線顕微鏡を維持・管理できるようになるため、生命科学や薬学、物理・化学、材料物性の研究が飛躍的に進展すると期待されている。</p> <p>さらに、レーザー生成プラズマの特性を評価できる様々な計測器を整備し、得られた特性が輻射流体シミュレーションにより再現できるか検証した。これにより、数値計算で実験の最適条件を模索できるようになるため、X 線顕微鏡の早期実現に大きく貢献できる。</p> <p>第 1 章では、軟 X 線顕微鏡の基礎知識である光学系、達成できる分解能、必要な X 線量、及び、様々な種類の X 線発生装置について歴史を振り返りつつ最先端の装置を紹介している。また、小型で汎用性の高い軟 X 線顕微鏡を実現するために不可欠な要素技術についても詳細に議論し、最後に本研究に至った経緯と研究目的を述べている。</p> <p>第 2 章では、プラズマの分類とその特性、レーザー・物質相互作用について概観している。また、高温高密度プラズマにおける原子過程・輻射輸送過程を詳細に説明している。</p> <p>第 3 章では、水の窓域軟 X 線を大幅に増大できる新たな手法を考案し、実験的にレーザープラズマ X 線量の増大を観測できたことを報告している。ここで最も重要な点は、小型・</p>			

低価格のナノ秒レーザーを金ターゲットに照射してX線を発生させる際に、窒素ガスを封入することである。この窒素の影響により、真空下でX線を発生させるときよりも水の窓域 X 線は 10 倍以上多く発生することが確認された。この原因を明らかにするために 1 次元輻射流体シミュレーション、衝突輻射モデル等の数値計算コードを駆使し、X 線増大現象のメカニズムを定量的に特定して詳述している。

第 4 章では、レーザープラズマからの X 線をさらに高出力化するために不可欠なプラズマ特性評価機器を整備し、計測した結果について紹介している。さらに 2 次元輻射流体シミュレーションコードと光線追跡法を組み合わせるコードを構築し、得られた結果を実験と比較し、両者がよい一致を示すことが示されている。信頼性の高い数値計算コードの開発に成功したことは、X 線量のさらなる増大に繋がる新たな手法開拓に大きく貢献できると結論づけている。

第 5 章では、本論文を総括し、結論を述べている。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（工学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。

備考：審査の要旨は、1,500 字以内とする。