

論文審査の結果の要旨

氏名 大和田 成起

本論文は5章からなり、高強度極端紫外領域(EUV)における自由電子レーザー (FEL) のシード増幅とフェムト秒レーザー誘起フィラメントによる蛍光の増幅に関する成果をまとめたものである。

第1章は序論であり、強レーザー場中における原子・分子の応答について過去の報告例を挙げ、EUV 領域におけるコヒーレント光と物質との相互作用の重要性について記述している。さらに、EUV 領域における高強度パルス光源である自己増幅自発放射 (SASE) 型-FEL の課題と、その課題を解決する手法について先行研究を引用し議論している。第2章では、フェムト秒レーザー光の高次高調波による FEL のシード増幅技術について、また、第3章では、高次高調波によってシードされた FEL パルスを用いた He 原子の多光子イオン化観測とその結果についてまとめられている。第4章では、フェムト秒レーザー誘起フィラメント中の蛍光増幅過程およびフィラメント中の N₂ 分子の励起および発光過程についての研究がまとめられている。第5章では、今後の展望について述べられている。

第2章では、チタンサファイアレーザーの高次高調波を用いた理化学研究所播磨事業所の SCSS 試験加速器のシード増幅について述べられている。電気光学効果を用いた到着時間差モニターと到着時間フィードバックシステムを開発したことにより、SCSS 試験加速器施設の温度変化に由来する電子バンチとシードレーザーの到着時間差の長周期ドリフトが 1 ps 以内に抑えられ、長時間にわたるシード増幅の継続が可能となったことが述べられている。第3章では、シードされた FEL パルスを照射して He 原子の2光子イオン化過程を観測している。SASE-FEL パルスを照射した場合の結果と比較することによって、シード化によって FEL パルスのピーク強度が増加することを示している。第4章では、フェムト秒レーザー誘起フィラメント内の電子励起された窒素分子 C-B 遷移の発光に着目している。空気中に発生したフィラメント内での N₂ 分子の電子励起状態の空間分布を考慮した蛍光強度の計算値と実測の蛍光強度を比較し、フィラメント内で反転分布が生じることが示されている。またフィラメント側面から測定した N₂ 分子の C-B 遷移の蛍光スペクトルから、フィラメント内の N₂ 分子の C 状態の振動温度と回転温度を求めている。

なお、本論文第2章、第3章は岩崎純史、大神征爾、佐藤堯洋、富樫格、高橋栄治、緑川克美、青山誠、山川考一、松原伸一、小川奏、岡安雄一、富沢宏光、渡辺貴宏、永園充、矢橋牧名、石川哲也、山内 薫との共同研究であり、本論文第4章は岩崎純史、山内 薫、Ali Azarm、Sima Hosseini、See Leang Chin との共同研究であるが、いずれも論文提出者が主体となって計測及び解析を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって、本論文が博士 (理学) を授与するにふさわしい研究であることを審査員は全員一致で認めた。