

論文審査の結果の要旨

氏名 森本 裕也

本論文では、レーザー存在下特有の電子散乱過程である、レーザーアシステッド電子散乱 (laser-assisted electron scattering、以下 LAES と略) 過程を利用した超高速計測法の開発について述べられている。これまで、気体試料における原子核および電荷密度分布のフェムト秒ダイナミクスを電子散乱によって観測することは不可能であった。しかし、本論文で報告された実験研究によって、LAES 過程を利用すれば、それらを観測できることが示された。

本論文は 6 章から構成されている。第 1 章では導入として、原子や気体分子に散乱された電子の散乱角度分布を解析することによって、原子や分子内の電荷密度分布が決定可能であること、また、気体分子に散乱された電子の散乱角度分布に現れる電子回折パターンを解析することによって、分子の幾何学的構造が決定可能であることが説明されている。そして、既存の超短電子パルスを用いた手法の時間分解能は、気体試料においては高々ピコ秒であり、気体試料中の核や電子の運動を観測するには不十分であることが指摘されている。

第 2 章では、LAES 過程の機構や過去の実験研究が記されている。そして、フェムト秒レーザーパルスによって誘起される LAES 過程を利用することによって、電子散乱を利用した観測手法の時間分解能をフェムト秒まで向上し得ることが述べられている。

第 3 章では、 CCl_4 による LAES 過程の観測実験を通して、LAES 過程を利用すれば、気体分子の瞬時的な幾何学的構造を決定できることが示されている。実験では、フェムト秒レーザー場内で CCl_4 によって散乱電子された 1 keV 電子の散乱分布の測定が行われ、 CCl_4 の幾何学的構造を反映した電子回折パターン

が観測されたことが報告されている。数値シミュレーションとの比較から、LAES 過程を経た散乱電子の角度分布に現れる電子回折パターンを解析することによって、レーザーパルスが照射されたフェムト秒の間だけの分子構造を決定可能であることが示されている。

第4章では、Xe による LAES 過程の観測実験を通して、原子や分子内の電荷密度分布の超高速変化が LAES 過程を利用することによって観測可能であることが示されている。高強度フェムト秒レーザー場中で Xe によって散乱された 1 keV 電子の散乱角度分布を測定した結果、散乱角度 0.5° 以下にピーク構造が現れたことが報告されている。数値シミュレーションの結果と比較することによって、観測されたピーク構造が、高強度レーザー場に誘起された Xe 原子内電荷密度分布の変化に由来することを明らかにしている。更に、観測された散乱角度分布から、瞬時的な電荷密度分布を決定出来る可能性が示されている。

第5章では、LAES 過程を利用した超高速計測手法を (e,2e) 過程に応用し、高強度レーザー場中における原子や分子の電子運動量分布を測定することを目指して開発された実験装置について、その設計指針および想定される装置性能が述べられている。信号強度の数値シミュレーションを通して、開発された装置が、上記目的の達成に十分な性能を有していることが示されている。

第6章では、以上の研究成果のまとめと今後の展望が述べられている。

なお、本論文第3章、第4章は、山内 薫、歸家令果、第5章は、山内 薫、歸家令果、廣井卓思との共同研究であるが、いずれも論文提出者が主体となつて実験及び解析を行なったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって、博士（理学）の学位を授与できるものと認める。