OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	超短パルス電子ビーム発生・計測に関する研究
Author(s)	野澤, 一太
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/69591
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　野澤　一太　）	
論文題名	超短パルス電子ビーム発生・計測に関する研究

論文内容の要旨

本論文は、超短パルス電子ビームの発生・計測手法に関する研究成果をまとめたものである。本研究では、フェムト秒・アト秒のパルス幅を有する超短パルス電子ビームの発生方法について、実験とシミュレーションの両面から検討を行い、最短1 fsの電子ビームを発生した。また、マイケルソン干渉計をベースにしたパルス幅測定系を構築し、超短パルス電子ビームのパルス幅測定方法を確立した。

第一章では、研究背景として超短パルス電子ビームの応用事例について紹介した。また、超短パルス電子ビームの発生・計測方法について先行研究をまとめた後、本研究の目的を述べた。

第二章では、超短パルス電子ビームの発生に使用した、大阪大学産業科学研究所のSバンドレーザーフォトカソードRF電子銃ライナックについて、装置全体の概要と各構成要素の役割について記載した。

第三章では、コヒーレント遷移放射を用いたパルス幅測定について述べた。まず、理論的な背景を述べた後に、実際に構築したマイケルソン干渉計を用いたパルス幅測定系の詳細を記述した。本パルス幅測定系は、電子ビームが真空・金属界面で放射するコヒーレント遷移放射を観測し、得られたインターフェログラムからパルス幅を評価するものである。その後、赤外光源を用いたパルス幅測定系の感度補正と解析モデルについて説明した。また、実験的にコヒーレント放射を観測したことを示すために、コヒーレント遷移放射の強度が電荷量の二乗に比例していることを実験的に示した。

第四章では、超短パルス電子ビームの発生に不可欠な電子ビーム圧縮条件について、理論・シミュレーション・実験の三点から検討を行った結果をまとめた。本研究で用いたアクロマティックアーク型の磁気パルス圧縮器の場合、アクロマティック条件を満たす場合に電子ビームが最も圧縮されることを示した。また、電子ビームのパルス幅が増大する要因となる漏れ磁場による二次効果についてシミュレーションを行い、圧縮器を構成する四極電磁石の条件をビーム条件毎に最適化することによって、二次効果の低減が可能であることを明らかにした。

第五章では、超短パルス電子ビーム発生・計測実験の結果を述べた。電子ビームのパルス幅の加速管加速位相依存性などのビームダイナミクスに関する実験を行った結果を示した。その後、パルス幅測定系で測定可能なパルス幅の上限と下限について検討し、パルス幅測定系の性能を評価した。最終的に、周波数帯域を拡張したパルス幅測定系を用いて、最短パルス電子ビームの計測を行い、電荷量0.7 pCで1 fsの電子ビームの発生と計測に成功した。

第六章では、これまでの実験・シミュレーションの結果を踏まえてアト秒電子ビームの発生と計測に関する展望を記載した。

第七章では、本研究で得られた成果をまとめた。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（　野澤　一太　）

	（職）	氏　名
論文審査担当者		
主 査	教授	吉田　陽一
副 査	教授	粟津　邦男
副 査	准教授	楊　金峰

論文審査の結果の要旨

本博士論文は、アト秒・フェムト秒のパルス幅を有する超短パルス電子ビームの発生・計測手法を確立することを主題としている。野澤氏は、フェムト秒電子ビーム発生機構を考案するとともに、高時間分解能を有するパルス時間幅測定系を構築することで、フェムト秒電子ビームの発生と計測に成功した。以下に、野澤氏の研究成果を要約する。

(1) 超短パルス電子ビーム発生スキーム

フォトカソードRF電子銃によって低エミッタンスかつ低エネルギー分散の電子ビームを発生し、磁気パルス圧縮を用いてフェムト秒電子ビームを発生する機構を説明した。特に磁気パルス圧縮器での高次効果によるパルス幅の増大の影響を、理論とシミュレーションを用いて評価し、フェムト秒電子ビームを発生するための条件について明らかにした。

(2) 超短パルス電子ビーム計測手法

コヒーレント遷移放射を用いたパルス時間幅測定装置について検討を行い、従来よりも高時間分解能かつ高感度の測定システムを構築した。コヒーレント放射の電荷量依存性や光学系の感度について評価を行い、構築したパルス幅測定系でフェムト秒電子ビームを測定可能であることを明らかにするとともに、実験的にフェムト秒電子ビームの計測を行った結果を示した。

(3) 超短パルス電子ビーム発生・計測

(1)と(2)の研究成果に基づいて超短パルス電子ビーム発生・計測実験を行い、電荷量1.4 pCで4.3 fsの電子ビームの発生と計測を実証した。また、更に電荷量を0.7 pCまで低減し、空間電荷効果の抑制を図った実験においては、最短1 fs電子ビームの発生と計測を確認している。

以上のように、本論文は、フェムト秒・アト秒領域のパルス幅を有する超短パルス電子ビームの発生・計測手法についての研究成果をまとめたものであり、従来では困難であったフェムト秒電子ビームの発生・計測手法の実証に成功した。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。