

様式 I

博士学位論文調査報告書

論文題目

Investigation and improvement of the performance of THz Coherent Undulator
Radiation source driven by a photocathode RF gun

(光陰極 RF 電子銃を用いたコヒーレントアンジュレータ放射源の性能向上に関する研究)

申請者 Siriwan Krainara

最終学歴 2019年 9月 24日
京都大学大学院エネルギー科学研究科エネルギー応用科学専攻博士後期課程
研究指導認定見込

学識確認 平成 年 月 日 (論文博士のみ)

調査委員 京都大学大学院エネルギー科学研究科
(主査) 教授 大垣 英明

調査委員 京都大学大学院エネルギー科学研究科
教授 松田 一成

調査委員 京都大学大学院エネルギー科学研究科
教授 白井 康之

(続紙 1)

京都大学	博士 (エネルギー科学)	氏名	Siriwan Krainara
論文題目	Investigation and improvement of the performance of THz Coherent Undulator Radiation source driven by a photocathode RF gun (光陰極 RF 電子銃を用いたコヒーレントアンジュレータ放射源の性能向上に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、高強度・単色の THz 光源の開発とその応用を目指して、京都大学のグループが開発してきた小型加速器ベースの、THz コヒーレントアンジュレータ放射源 (THz-CUR) の性能向上について主に述べたものであり、緒論 (第 1 章)、本文 6 章と結論 (第 8 章) より成っている。</p> <p>第 1 章は緒論であり、本研究の背景、THz-CUR に関するこれまでの研究を述べた後に、本研究の目的と内容を述べている。</p> <p>第 2 章では、光陰極を用いた THz-CUR 装置について述べている。</p> <p>第 3 章では、THz-CUR 装置からの THz 放射の測定手法と測定結果について述べている。具体的には 0.16~0.65 THz の THz 放射を確認し、その強度が電荷量 160 pC、アンジュレータギャップ 30 mm にて 0.16 THz 1 μJ、20 kW である事を述べている。また、数十 pC を超える大電荷領域で、THz 放射強度の飽和が観測され、高強度の THz 光の発生が阻害されている事を報告している。</p> <p>第 4 章では、第 3 章での THz 放射強度の飽和現象に関して、電子ビーム測定とシミュレーションを用いて、THz-CUR 装置の電子ビームのエネルギーが 4.6 MeV と低エネルギーであるために、空間電荷効果による電子ビームの性能劣化が主な原因である事を明らかにしている。</p> <p>第 5 章では、空間電荷効果による電子ビーム性能の劣化を抑えるための方策として、低エネルギー電子ビームの電荷分布を、光陰極励起用レーザーの 3 次元分布形状により操作する方法について述べている。具体的には時間軸方向分布では、レーザースタッキング法により延ばし、空間軸方向分布は Truncated-Gaussian 形状にする事で、電子ビームの電荷密度を軽減する方法を提案している。</p> <p>第 6 章では、第 5 章の手法を用いた THz 放射により、飽和現象の緩和に成功している。この結果、現時点での最適形状として、時間軸方向には 10 ps とし、空間軸方向分布を Truncated-Gaussian 形状にする事で 0.16 THz にて 20 kW であった THz 放射強度を 100 kW にまで改善できる事を示している。また、20 ps まで時間軸方向を延長する場合、パンチ形状因子は改善されるものの、電子ビームのエネルギー広がりやエミッタンスの悪化により、THz 放射強度が減少する事を明らかにし、今後の課題等を述べている。</p> <p>第 7 章では、THz-CUR からの 0.16~0.64 THz の光を、利用実験が可能な場所に効率的に輸送する光学システム的设计について述べている。この最適設計で</p>			

は、輸送が最も困難な 0.16THz の光を 60%、更に高周波の場合は 90%輸送可能な事を示して、実際の応用研究に備えている。

最終的に第 8 章にて本研究で得られた成果について要約するとともに、この手法の今後の発展について触れている。

このように本論文は、高強度で単色性の高い THz 光の発生に関し、コンパクトで低エネルギー電子ビームを用いた装置を用いて、世界で初めての実験データを提供するとともに、THz 放射強度の飽和について観測し、シミュレーションと実験を用いて、空間電荷効果による THz 放射強度の飽和とその対策法を研究したものであり、輸送系の設計を含め、実際の応用研究に大きく寄与するものであり、博士の学位審査の請求に値すると認める。

また、修了に必要な単位を修得済みであることを確認した。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、高強度・単色の THz 光源の開発とその応用を目指して、京都大学のグループが開発してきた小型加速器ベースの、THz コヒーレントアンジュレータ放射源 (THz-CUR) の性能向上について主に述べたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. THz-CUR 装置からの THz 放射の測定を行い 0.16~0.65 THz の THz 放射を確認するとともに、その強度が電荷量 160 pC、アンジュレータギャップ 30 mm にて 0.16 THz、1 μ J、20 kW である事と、60 pC 以上の電荷量において THz 放射の出力飽和を観測し、これが空間電荷効果による電子ビームの性能劣化が主な原因である事を明らかにした。

2. 空間電荷効果による電子ビーム性能の劣化を抑えるため、光陰極励起用レーザーの 3次元分布形状のうち時間軸方向分布でレーザースタッキング法を、空間軸方向分布では Truncated-Gaussian 形状にする方法を提案し、シミュレーションを用いてその効果を確認した。

3. 2の手法を用いた THz 放射により、飽和現象の緩和に成功した。現時点での最適形状として、時間軸方向には 10 ps とし、空間軸方向分布を Truncated-Gaussian 形状にする事で 0.16 THz にて 20 kW であった THz 放射強度を 100 kW にまで改善した。

4. THz-CUR からの 0.16~0.64 THz の光を、利用実験が可能な場所に効率的に輸送する光学システムの設計し、0.16THz の光を 60%、更に高周波の場合は 90%輸送可能な事を示した。

このように本論文は、コンパクトで低エネルギー電子ビームを用いた装置を用いて、高強度で単色性の高い THz 光の発生に関して実験的研究を中心に行ったものであり、特に空間電荷効果による電子ビームパラメータの劣化と THz 放射強度の飽和現象の観測とその改善の具体的対策や、THz 放射輸送系の設計を行っており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士 (エネルギー科学) の学位論文として価値あるものと認める。また、2019年8月21日、論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果、合格と認めた。

論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文の全文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降