

自己評価報告書

平成23年 4月15日現在

| |
|---|
| 機関番号：11301 |
| 研究種目：基盤研究(S) |
| 研究期間：2008～2012 |
| 課題番号：20226003 |
| 研究課題名(和文) 等時性電子周回リングを用いた超短パルスコヒーレントテラヘルツ光源の開発 研究 |
| 研究課題名(英文) Study and Development of Extremely Short Pulse Coherent Terahertz Light Source Employing an Electron Isochronous Ring |
| 研究代表者 濱 広幸 (HAMA HIROYUKI) 東北大学・電子光理学研究センター・教授 研究者番号：70198795 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎・応用物理学一般

キーワード：コヒーレント放射、電子加速器、テラヘルツ光、アイソクロナスリング、熱陰極高周波電子銃

1. 研究計画の概要

先端線形加速器からの超短バンチ電子ビームを完全な等時性(アイソクロナス)を持つリングに入射し、これを非破壊的に周回させ強大なコヒーレントなテラヘルツ光をリング全周に渡って発生させることによって、マルチポートの実験ステーションに光を供給できる光源を実証する。この光源加速器において鍵となる研究開発課題は2つあり、一つは100フェムト秒以下の超短パルス電子ビームを生成する入射器と、非線形ビーム光学を駆使して完全な行路長補償を行うことができるアイソクロナスリングの構築である。

2. 研究の進捗状況

本研究における目標達成までのメルクマールを以下に掲げる。

- (1)加速高周波システムの構築
- (2)熱陰極高周波電子銃の実用化
- (3)高輝度入射器の開発
- (4)バンチ圧縮方法の開発
- (5)アイソクロナスリングの開発
- (6)コヒーレント放射生成

(1)については、これまでにほぼ完成し、性能試験も終えて安定な動作確認を行っている。(2)の熱陰極高周波電子銃は空洞の電気的接触に不具合が発生したが、改修を行いほぼ予想した高周波特性が得られている。現在はビーム引き出し試験の準備が整いつつある。(3)において、アルファ磁石およびビーム輸送のための4極磁石も設置されている。空間電荷効果を取り入れたビーム動力学計算も進んでおり、ビーム特性の理解が概ね終えてい

る。(4)においては、進行波型加速管を用いてバンチ圧縮を行う速度圧縮法を採用することにした。この方法は本来レーザー光陰極高周波電子銃からの電子ビームについて考案されたものだが、本研究において、むしろ熱陰極高周波電子銃に良く適合することが見いだされた。現在ビーム実験における種々の加速器パラメータの最適化を踏っている。

(5)のアイソクロナスリングについては、精密なトラッキング計算によって当初設計のラティスでは力学的口径が非常に小さい事が判明したため、新たなラティスデザインを注意深く行った。その結果、力学的口径は十分確保され、行路長偏差に対する2次の運動量依存性および1次のベータatron振動振幅依存性も殆ど補償された。現在はこのリングのための電磁石およびビーム診断装置も含んだ真空ダクト系を製作しており、平成23年度中に設置が行われる予定である。(6)の実証実験はリングの設置後直ちに開始できるように、入射器および速度圧縮用の線形加速器を中心とする加速器システムの立ち上げに精力を注いでいる。

3. 現在までの達成度

③やや遅れている。(理由)研究の当初スケジュールの進行を妨げた主たる事象は、電子銃の空洞における電気的接触の不具合の改修、アイソクロナスリングのラティスデザインにおける力学的口径の問題である。この他、科研費による研究事業ではないが、加速器システムを収納するための建屋建設が脆弱地盤の問題で、代替地に建てることになり竣工

が遅れた。これらによって約半年の遅れが生じているが、当初から予定していたハードウェア開発はすでに終盤に近づいており、研究目的達成に致命的な問題は生じていないと考えている。

4. 今後の研究の推進方策

本研究で最も重要な装置の一つである加速高周波システムでは、クライストロンモジュレータおよび導波管等の伝送系も含めて当初から目標として来た機能的で信頼性が高いものを構築できた。すでにこの加速高周波システムを用いて電子銃のハイパワー試験を終えており、ビームの引き出し実験を早急に開始して特性を把握してゆく。

速度圧縮法による超短パルス電子ビームの生成については、独自に開発して来た3次元シミュレーションプログラムが重要な役割を果たしており、バンチ圧縮過程のビーム動力学はほぼ理解できている。また、荷電粒子からの放射について多体の荷電粒子との相互作用を正しく理論に則って求める計算も行ってきた。理論的アプローチも含めてこれまでと同等の研究活動を今後も維持できれば、ハードウェアの健全性に重大な問題が発生しない限り、期間内での実証実験の目標達成まで進展できるであろう。満足される光源性能が達成すれば、構築した加速器システムは種々の応用研究分野の全国共同研究に供されることになる。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14 件)

1. Intense Coherent Terahertz Generation from Accelerator-based Sources, Hiroyuki Hama, Mafuyu Yasuda, Masayuki Kawai, Fujio Hinode, Kenichi Nanbu, Fusashi Miyahara, Nucl. Instr. and Meth. A (2010), in press and available online, 査読あり

2. Expected Performance of a Planar Undulator Designed for the Terahertz Source Project at Tohoku University, Fujio Hinode, Masayuki Kawai, Kenichi Nanbu, Fusashi Miyahara, Hiroyuki Hama, Nucl. Instr. and Meth. A (2010) in press and available online, 査読あり

3. A Far-infrared Undulator for Coherent Synchrotron Radiation and Free Electron Laser at Tohoku University, Hiroyuki Hama, Fujio Hinode, Masayuki Kawai, Kenichi Nanbu, Fusashi Miyahara and Mafuyu Yasuda, AIP Proceedings, 1234, pp523-526 (2010), 査読あり

4. Development of Accelerator-based THz Source at Tohoku University, H. Hama, M.

Kawai, F. Hinode, K. Nanbu, F. Miyahara, M. Yasuda, Proc. Particle Accelerator Conference 2009, pp2386-2388 (2009), 査読なし

5. Space Charge Effect for Short Electron Bunches in an Alpha Magnet, H. Hama, F. Hinode, K. Kasamsook, M. Kawai, K. Nanbu, M. Yasuda, Proc. International Free Electron Laser Conference 2008, pp305-308 (2008), 査読なし

[学会発表] (計 11 件)

1. 「超短電子パルスを用いたテラヘルツ波領域アンジュレータ放射に関する研究」柏木茂, 田中祐, 南部健一, 宮原房史, 武藤俊哉, Li Xiangkun, 日出富士雄, 河合正之, 浜広幸, 第66回日本物理学会年次大会, 新潟, 2011年3月26日(東日本大震災で中止、ウェブサイトにて公開)

2. 「コヒーレントテラヘルツ光源のためのアルファ磁石とオフ Crest 加速を用いた超短バンチ生成」宮原房史, 日出富士雄, 南部健一, 武藤俊哉, 田中祐, 河合正之, 柏木茂, 浜広幸, 第7回日本加速器学会年会, 姫路市, 2010年8月6日

3. 「超短バンチ生成のための独立2空洞型高周波電子銃の高周波特性」南部健一, 宮原房史, 河合正之, 日出富士雄, 浜広幸, 第6回日本加速器学会年会, 東海村, 2009年8月6日

4. 「フェムト秒コヒーレントTHz光源の開発」日出富士雄, 河合正之, Kittipong Kasamsook, 栗原亮, 柴崎義信, 高橋重伸, 南部健一, 浜広幸, 安田真冬, 第5回日本加速器学会年会, 東広島市, 2008年8月6日

5. 「プリバンチドFELを用いたテラヘルツ光源開発」安田真冬, 河合正之, Kittipong Kasamsook, 栗原亮, 柴崎義信, 高橋重伸, 南部健一, 浜広幸, 日出富士雄, 第5回日本加速器学会年会, 東広島市, 2008年8月7日

[図書] (計 0 件)

[その他]

ホームページ

<http://tansei.lns.tohoku.ac.jp/abpg/>