

平成23年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金）実績報告書（研究実績報告書）

1. 機関番号 8 2 1 1 8      2. 研究機関名 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構

3. 研究種目名 基盤研究 (S)      4. 研究期間 平成 23年度 ~ 平成 27年度

5. 課題番号 2 3 2 2 6 0 2 0

6. 研究課題名 超放射による超小型短パルス・コヒーレントテラヘルツ光源

7. 研究代表者

研究者番号	研究代表者名	所属部局名	職名
0 0 1 6 0 3 3 3	ウラカワ ジュンジ 浦川 順治	加速器研究施設	教授

8. 研究分担者(所属研究機関名については、研究代表者の所属研究機関と異なる場合のみ記入すること。)

研究者番号	研究分担者名	所属研究機関名・部局名	職名

9. 研究実績の概要

下欄には、当該年度に実施した研究の成果について、その具体的内容、意義、重要性等を、交付申請書に記載した「研究の目的」、「研究実施計画」に照らし、600字～800字で、できるだけ分かりやすく記述すること。また、国立情報学研究所でデータベース化するため、図、グラフ等は記載しないこと。

目的は、0.3～10THz可変、短パルス10MW以上、数十uJ/pulse放射の超小型高輝度コヒーレントTHz光源研究開発とその応用研究である。H23年度夏以降の本研究開発でフェムト秒レーザーシステムの仕様を決定して、H24年3月装置納品・性能検査を行った。さらに光高周波電子銃に入射できるシステムに構築する必要があるため、H24年の秋に最初のフェムト秒電子ビーム生成実験を行えるように準備を進めている。一方、光高周波電子源の開発ではRF Gunの電子ビームエネルギーを上げることによって、ウィグラーからの超放射がより安定になることがシミュレーションにより明らかになったので、1.6cell RF Gunを3.6cell RF Gunに置き換えてバンチ長10psecの電子ビーム生成実験を行った。そして、9.6MeV以上の電子ビーム生成に成功した。H24年秋までに10MeV以上のフェムト秒マイクロバンチ列生成が可能になるように高周波電子源のRF Agingを継続する。また、THz放射装置のウィグラー開発に関して、大阪大学産業科学研究所の協力を得て遠隔Gap制御可能タイプのEdge Focus Wiggler設計を開始した。さらにロシア・トムスク研究所のCoherent Diffraction Radiationの専門家と議論した結果、小型ウィグラーの代わりに周期場を提供できる結晶(Grating plate)でスミスパーシェル放射を利用すれば、より強力なコヒーレントTHz超放射が期待できることをシミュレーションで示すことになった。この実験も可能になるように真空装置の設計を開始した。

本光源によって、THz時間領域分光(THz-TDS)の測定時間の大幅な短縮、測定精度の大幅な向上が可能になるので、H24年度中にTHz応用に関する研究会を開催する予定である。

10. キーワード

- (1) 高周波電子銃      (2) フェムト秒レーザー      (3) フォトカソード      (4) 高電界加速  
 (5) 自由電子レーザー      (6)      (7)      (8)

11. 現在までの達成度

下欄には、交付申請書に記載した「研究の目的」の達成度について、以下の区分により自己点検による評価を行い、その理由を簡潔に記述すること。また、国立情報学研究所でデータベース化するため、図、グラフ等は記載しないこと。  
 <区分>①当初の計画以上に進展している。 ②おおむね順調に進展している。 ③やや遅れている。 ④遅れている。

(区分) おおむね順調に進展している。  
 (理由) Coherent THz 放射に必要なフェムト秒電子ビーム生成を行う準備として、フェムト秒レーザー発生装置の Titanium-Sapphire laser system 購入とそのフェムト秒光学システムの構築が進み、H24の夏からフェムト秒レーザー運転が可能になる。高周波電子銃の製作・運転準備も順調に進んでいる。

12. 今後の研究の推進方策

本研究課題の今後の推進方策について簡潔に記述すること。研究計画の変更あるいは研究を遂行する上での問題点があれば、その対応策なども記述すること。また、国立情報学研究所でデータベース化するため、図、グラフ等は記載しないこと。

10Hzで運転可能なフェムト秒レーザー発生装置Titanium-Sapphire laser systemを構築して、波長800nmで10mJ/pulse生成運転を行う。フェムト秒レーザー16パルス列生成は、半波長板(1/2 λ plate)によってS偏光を45度回転した後に偏光ビームスプリッター(PBS)で反射・通過させるとフェムト秒レーザーパルスが二つに分かれる。通過したS偏光パルスはOptical delay lineによって100fsec程度遅らせる。再度PBSを使ってP偏光パルスとS偏光パルスを合流させると、フェムト秒レーザー2パルス列が生成できる。これを4回繰り返して、フェムト秒レーザー16パルス列生成を行う。平成24年度は4パルス生成した800nmレーザーの3倍高調波266nmを光高周波源カソードに照射して、フェムト秒電子マイクロバンチ列の生成を確認する。高周波空洞内で生成光電子の時間構造を保存して加速するためには、クーロン反発力に打ち勝ちかつ動力学的にバンチ圧縮が生じる高周波位相に乗せる必要がある。光陰極高周波電子銃のカソード端板は空洞の高電界が発生する位置に固定されている。加速電界が増加する位相(20度)で50fsecマイクロパルスがカソードに照射された場合、S-band(2856MHz)高周波加速電界(130MV/m)は44.46から44.68MV/mまで変化して、後続の光電子は少し大きな加速を得て動的なバンチ圧縮と同時に急速な加速が行われ、相対論的なエネルギーに近づくことによってクーロン反発力とローレンツ力が釣り合うようになる。先頭のマイクロパルスと最後のマイクロパルスの時間差は8psec程度であり、位相差で8度程度である。加速電界では61.03MV/mまで増加するので、8psecのマイクロバンチ列が高周波電子源出口で30%程度バンチ圧縮を受けることになる。装置構築が順調に進めば、電子マイクロバンチ列構造をCDR測定によって確認する予定である。

13. 研究発表 (平成23年度の研究成果)

※ 「13. 研究発表」欄及び「14. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況」欄において記入欄が不足する場合には、適宜記入欄を挿入し、それによりページ数が増加した場合は、左端を糊付けすること。

[雑誌論文] 計(2)件      うち査読付論文 計(2)件

著者名		論文標題			
浦川順治		Compact X-ray source at STF (Super Conducting Accelerator Test Facility)			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	
IOP Science, J. Phys.: Conf. Ser.	有	357	2 10 11 12	012035-1, -4	
掲載論文の DOI (デジタルオブジェクト識別子)					
10.1088/1742-6596/357/1/012035					

著者名		論文標題			
浦川順治		Several hundred femto-second soft X-ray source in compact several meter facility			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	
IOP Science, J. Phys.: Conf. Ser.	有	357	2 10 11 12	012038-1, -5	
掲載論文の DOI (デジタルオブジェクト識別子)					
10.1088/1742-6596/357/012038					

〔学会発表〕計（ 12 ）件      うち招待講演 計（ 2 ）件

発表者名	発表標 題	
浦川順治	Compact X-ray source at STF (Super Conducting Accelerator Test Facility)	
学会等名	発表年月日	発表場所
IX International Symposium on Radiation from Relativistic Electron in Periodic Structures(招待講演)	2011年9月13日	Royal Holloway, University of London

発表者名	発表標 題	
浦川順治	Several hundred femto-second soft X-ray source in compact several meter facility	
学会等名	発表年月日	発表場所
IX International Symposium on Radiation from Relativistic Electron in Periodic Structures	2011年9月13日	Royal Holloway, University of London

発表者名	発表標 題	
A. Aryshev	Development of a compact microwave and soft X-ray source in LUCX facility at KEK-ATF (invited)	
学会等名	発表年月日	発表場所
IX International Symposium on Radiation from Relativistic Electron in Periodic Structures(招待講演)	2011年9月15日	Royal Holloway, University of London

発表者名	発表標 題	
Shengguang Liu and Junji Urakawa	Compact THz Radiation Source Based on a Photocathode RF Gun	
学会等名	発表年月日	発表場所
33 <sup>rd</sup> International Free Electron Laser Conference	2011年8月25日	Shanghai, China

発表者名	発表標 題	
T. Aoki, K. Sakaue, M. Washio, A. Deshpande, J. Urakawa, M. Fukuda, N. Kudo, N. Terunuma, T. Takatomi	Development of an S-band Multi-cell Accelerating Cavity for RF Gun and Booster Linac	
学会等名	発表年月日	発表場所
2 <sup>nd</sup> International Particle Accelerator Conference	2011年9月4日	San Sebastian, Spain

発表者名	発表標 題	
A. Aryshev, S. Araki, M. Fukuda, J. Urakawa, P. Karataev, G. Naumenko, A. Potylitsyn, L. Sukhikh, D. Verigin, K. Sakaue	Q-Factor of an Open Resonator for a Compact Soft X-ray Source Based on Thomson Scattering of Stimulated Coherent Diffraction Radiation	
学会等名	発表年月日	発表場所
2 <sup>nd</sup> International Particle Accelerator Conference	2011年9月7日	San Sebastian, Spain

発表者名	発表標 題	
J. Yang, K. Kan, N. Naruse, Y. Murooka, K. Tanimura, J. Urakawa	Femtosecond Photoinjector and Relativistic Electron Microscopy	
学会等名	発表年月日	発表場所
2 <sup>nd</sup> International Particle Accelerator Conference	2011年9月5日	San Sebastian, Spain

発表者名	発表標 題	
------	-------	--

K. Sakaue, K. Tamai, M. Washio, J. Urakawa	Design of a Chirping Cell Attached RF Gun for Ultra-short Electron Bunch Generation		
学会等名	発表年月日	発表場所	
2nd International Particle Accelerator Conference	2011年9月5日	San Sebastian, Spain	

発表者名	発表標題		
Y. Yokoyama, T. Aoki, K. Sakaue, T. Suzuki, T. Yamamoto, M. Washio, J. Urakawa, N. Terunuma, H. Hayano, S. Kashiwagi	Study on Energy Compensation by RF Amplitude Modulation For High Intense Electron Beam Generated by a Photocathode RF-Gun		
学会等名	発表年月日	発表場所	
2nd International Particle Accelerator Conference	2011年9月5日	San Sebastian, Spain	

発表者名	発表標題		
T. Naito, K. Ebihara, S. Nozawa, N. Terunuma, J. Urakawa, M. Amemiya, T. Suzuyama, T. Watabe	Development of Timing Distribution System with Femto-second Stability		
学会等名	発表年月日	発表場所	
2nd International Particle Accelerator Conference	2011年9月4日	San Sebastian, Spain	

発表者名	発表標題		
J. Yang, K. Kan, N. Naruse, Y. Murooka, Y. Yoshida, K. Tanimura, J. Urakawa	Femtosecond RF Gun Based MeV Electron Diffraction		
学会等名	発表年月日	発表場所	
2011 Particle Accelerator Conference	2011年4月4日	New York, USA	

発表者名	発表標題		
J. Yang, K. Kan, T. Kondoh, Y. Yoshida, J. Urakawa	Photoinjector Based MeV Electron Microscopy		
学会等名	発表年月日	発表場所	
10th European Workshop on Beam Diagnostic and Instrumentation for Particle Accelerators	2011年5月17日	DESY, Hamburg, Germany	

〔図書〕 計 ( 0 ) 件

著者名	出版社		
書名	発行年	総ページ数	

14. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

〔出願〕 計 ( 1 ) 件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	出願年月日	国内・外国の別
光陰極高周波電子銃空洞装置	浦川順治、照沼信浩、高富俊和	高エネルギー加速器研究機構	特許、国際出願番号 PCT/J P2011/071887	2011年9月26日	国際

〔取得〕 計 ( 0 ) 件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	取得年月日	国内・外国の別
				出願年月日	

15. 備考

※ 研究者又は所属研究機関が作成した研究内容又は研究成果に関するwebページがある場合は、URLを記載すること。

<http://www-atf.kek.jp/thz/index.html>