

科学研究費補助金（学術創成研究費）公表用資料
〔研究進捗評価用〕

平成17年度採択分

平成20年 3月31日現在

研究課題名（和文） レーザー蓄積装置を活用した国際リニアコライダー
ビーム診断技術に関する融合研究

研究課題名（英文） Research for Hybrid System comprised Laser Super Cavity
and Off-Axis Parabolic Reflective mirrors toward International Linear Collider

研究代表者 浦川 順治

氏名（ふりがなをローマ字で記入） (Urakawa Junji)

所属研究機関・ 部局・ 職 高エネルギー加速器研究機構・ 加速器研究施設・ 教授



推薦の観点：国際的に対応を強く要請される研究

研究の概要：光共振器によるレーザー蓄積技術と Off-Axis Parabolic(OAP)反射ミラーの技術を融合することにより、**光共振器中点でサブミクロン、1mJ/pulse・10psec パルスレーザービームを高繰り返し(357MHz)で安定に実現できる小型スーパー光共振器を製作して、その性能を実証する。** レーザー蓄積と絞込みの究極技術が融合された装置は、ガンマ・ガンマ衝突型実験装置を実現するときに理想的なものになる。本技術と電子ビームを使うことにより、高エネルギー光子ビームが安定に生成できる。これにより色々な研究分野で光子ビームの利用展開が進むことになる。

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：国際協力、素粒子実験、高性能レーザー、光源技術、ナノ制御

1. 研究開始当初の背景

大強度パルスレーザーと電子・陽電子ビームとの逆コンプトン散乱により発生する高エネルギーガンマ線強度を絞り込まれたレーザーの位置と時間の関数として測定することにより、高エネルギー電子ビームの形状等を測定できる。現状、100 μm 程度のビームサイズ測定がなされている。国際リニアコライダー(ILC)ビームのビームサイズは5 μm 程度であるので、レーザーを安定に絞り込む技術開発が必須の課題である。スーパー光共振器のレーザーワイヤへの応用を我々が世界で始めて示した。現在、5 μm から0.5 μm 程度までのビームサイズ測定をレーザーワイヤで行う国際協力研究開発を進めている。

2. 研究の目的

小型スーパー光共振器（レーザー蓄積装置）を使った高分解能レーザーワイヤビーム診断技術に関する研究開発と国際リニアコライダービーム診断装置の開発を行う。高繰り返し(357MHz)、短パルス(10psec, FWHM)、大強度レーザー(1mJ/pulse~100mJ/pulse)のパルスレーザービームをスーパー光共振器で実現する。この光共振器内でレーザーを5 μm まで絞込み、電子ビームをスキャンすることにより電子ビームの空間・時間プロファイルが診断できることを実証する。

3. 研究の方法

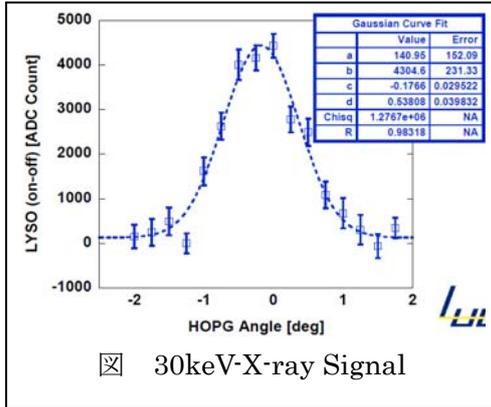
購入可能な高反射率平面ミラー2枚（反射

率>99.999%）と高反射率球面ミラー2枚（反射率>99.99%）を使って小型スーパー光共振器を開発する。レーザーパルス蓄積に必要な共鳴状態を維持する制御技術の研究開発が必要であり、圧電素子等を使ってミラーの位置制御をサブナノメータで行う。市販のモードロックレーザー発信器から10psecレーザーパルスを外部光共振器に入射して、蓄積する技術を確認する。数 μm の高エネルギー電子ビームと光共振器内で絞り込んだレーザービームを衝突させて、逆コンプトン散乱により生成された高エネルギーガンマ線強度をレーザーの位置と時間の関数として測定する。この衝突実験によりレーザーワイヤの究極性能を確認することになる。

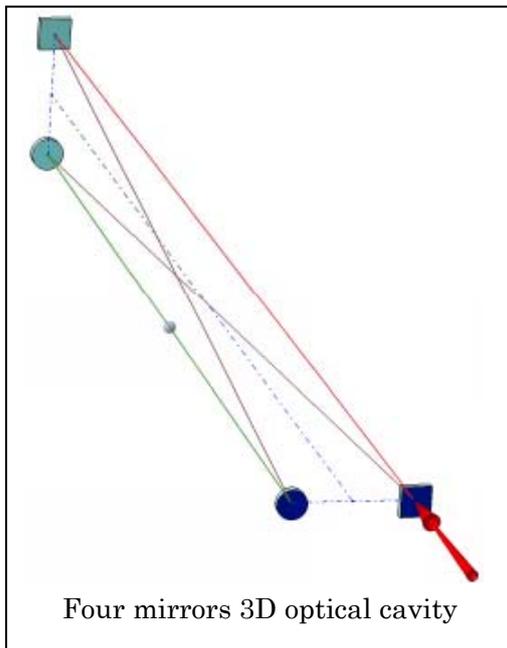
4. これまでの成果

本研究課題で重要な成果は、レーザーパルス幅7psec(FWHM), 357MHz, 7Wのモードロック発信器出力レーザーを42cm Super Cavityに蓄積して、1000倍（蓄積レーザーエネルギー/入射レーザーエネルギー）の増幅率を得たことである。さらに電子ビームとの衝突精度をピコ秒以下で制御するために、電子加速高周波とレーザー発信器を完全同期させた。この状況でAmpを追加することによって蓄積レーザーパワーを36kWまでに増やすことに成功した。現在、電子ビームとこのレーザーパルスの逆コンプトン散乱によるX線特性測定を行い、図のような30keVのX線ビームを得ている。

[4. これまでの成果 (続き)]

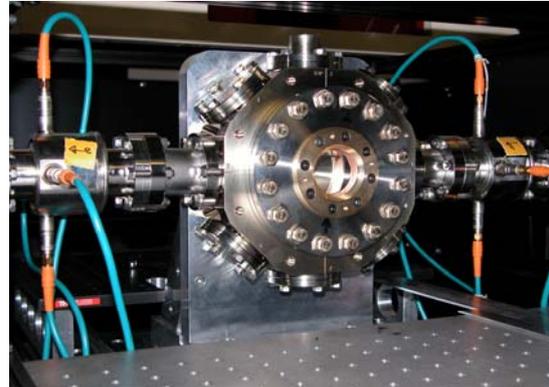


また、99%Off-Axis Parabolic (OAP) 反射ミラーを購入して、レーザー光学系の確認試験を行った。OAPの反射率を99.99%以上にするには放物面のナノメータ加工と誘電多層膜蒸着が必要であるが、財政的に本ミラー製作は困難である。そこで、2枚の高反射率平面ミラーと2枚の高反射率球面ミラーで構成できるスーパー光共振器を設計した。以下の図がその概念設計である。レーザーパス長が1.68mまたは3.36mのリングスーパー光共振器に関する詳細設計を行っている。この光共振器では既に購入可能な高反射率ミラーのみを使うので、ミラー支持方法の詳細設計とその製作のみが新たな課題である。



光共振器の開発とは別に、10Hz 繰り返し大強度パルスレーザーを使ったレーザーワイヤ開発を英国グループと国際協力で行っている。このレーザーワイヤ開発実験で電子ビームとの衝突制御、レーザースキャン、レーザー絞込み及びガンマ線測定の実験開発

を行い、3 μ mの電子ビームと2 μ mのレーザー衝突を安定に実現している。次の写真は衝突実験に使っている英国Oxford大学製作のレーザー・電子ビーム衝突用真空チャンバーである。H20.5月にレーザーサイズをさらに絞込み2 μ mの電子ビームの形状を測定する予定である。



Photograph of the vacuum chamber after installation and before the associated optics was installed.

5. 今後の計画

43MeV 小型電子加速器と ATF Damping Ring (KEKの先端電子加速器装置)の光共振器によるレーザー・コンプトン散乱実験を高度化する。一方、光共振器の改良により、レーザー増幅率を1万倍から10万倍以上に上げる。平成21年度までに目的としているスーパー光共振器の実証実験を行う。このとき電子ビームはエネルギーが1.3GeV、垂直方向ビームサイズ5 μ mである。

6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)
(研究代表者は太字、研究分担者には下線)

- K. Sakaue, M. Washio, S. Araki, M. Fukuda, Y. Higashi, Y. Honda, T. Taniguchi, N. Terunuma, **J. Urakawa**, N. Sasao, H. Yokoyama, M. Takano, "DEVELOPMENT OF PULSED-LASER SUPER-CAVITY FOR COMPACT X-RAY SOURCE BASED ON LASER-COMPTON SCATTERING", TUPMN050, Proceedings of PAC07, Albuquerque, New Mexico, USA, 2007**
- J. Urakawa**, "ATF RESULTS AND ATF-II PLANS", Invited talk, WEXAB03, Proceedings of PAC07, Albuquerque, New Mexico, USA, 2007
- T. Omori, M. Fukuda, T. Hirose, Y. Kurihara, R. Kuroda, M. Nomura, A. Ohashi, T. Okugi, K. Sakaue, T. Saito, **J. Urakawa**, M. Washio, and I. Yamazaki, "Efficient Propagation of Polarization from Laser Photons to Positron through Compton Scattering and Electron-Positron Pair Creation", Physical Review Letters, 96, 114801-1,-4, 2006

ホームページ等

<http://atfweb-lo.kek.jp/lwi/>