

[A16a05]

CURRENT STATUS OF SUBPICOSECOND TWIN LINAC '98

M. Uesaka, T. Watanabe, K. Yoshii, T. Ueda, H. Harano, Y. Katsumura.

Nuclear Engineering Research Laboratory, Graduate School of Engineering, University of Tokyo,
2-22 Shirakata-shirane, Tokai, Naka, Ibaraki, 319-1106, Japan,

Abstract The 20th anniversary of the commission of the linac was celebrated on April 17, 1998. The laser photocathode RF gun is working stably and being dedicated to the laser plasma acceleration, the head-on Thomson scattering X-ray generation. We confirmed 240fs (FWHM) electron single bunch generation there. The femtosecond electron beam diagnosis including the femtosecond streak camera, the coherent transition radiation interferometry and the far-infrared polychromator is much upgraded. Further, the experiments on the picosecond time-resolved X-ray diffraction and the evaluation of noninertial space charge force and coherent radiation force are progressed.

東大原施サブピコ秒ツインライナック現状'98

1. はじめに

東京大学大学院工学系研究科附属原子力工学研究施設ツインライナックは今年で稼働20周年を迎え、4月27日に記念式典を開催した。20年前世界に先駆け10ピコ秒の電子シングルパルスを生じたが、現在レーザーフォトカソードRF電子銃とシケイン型磁気パルス圧縮器によって240フェムト秒のパルスが得られ、また測定手法も確立した。一方、高エネルギー加速器研究機構、日本原子力研究所とのレーザー航跡場加速に関する共同研究も順調に進展している。さらに、フェムト秒電子・レーザービームを用いてフェムト・ピコ秒X線、コヒーレント遠赤外放射光の生成も可能となっている。このように近年にフェムト秒量子ビームの発生と計測に関する研究が進展し、いよいよ放射線化学パルスラジオリシスやピコ秒時間分解X線回折など利用研究のステージに入ってきた。

2. 共同利用状況

ライナックでは今年度下記の研究が遂行されている。

- ・フェムト秒電子ビームの発生と計測
- ・サブピコ秒パルスラジオリシス
- ・環境水と高分子材料の放射線化学
- ・レーザー航跡場加速
- ・180°トムソン散乱X線パルス発生

- ・ピコ秒時間分解X線回折
- ・非慣性空間電荷力コヒーレント放射力の測定
- ・高温超伝導体の照射効果

現状のシステムを図1に示す。

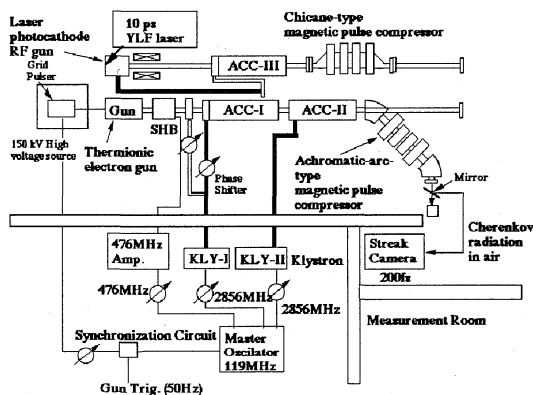


図1 サブピコ秒ツインライナックシステム

3. 240fs電子シングルパルス発生

レーザーフォトカソードRFガン、シケイン型パルス圧縮によって240fs(FWHM)シングルバンチの生成を確認した[1]。フェムト秒ストリークカメラによる測定結果を図2に示す。ここで半値幅は440fsであった。一方、PARMELAの計算では200fsとなっている。

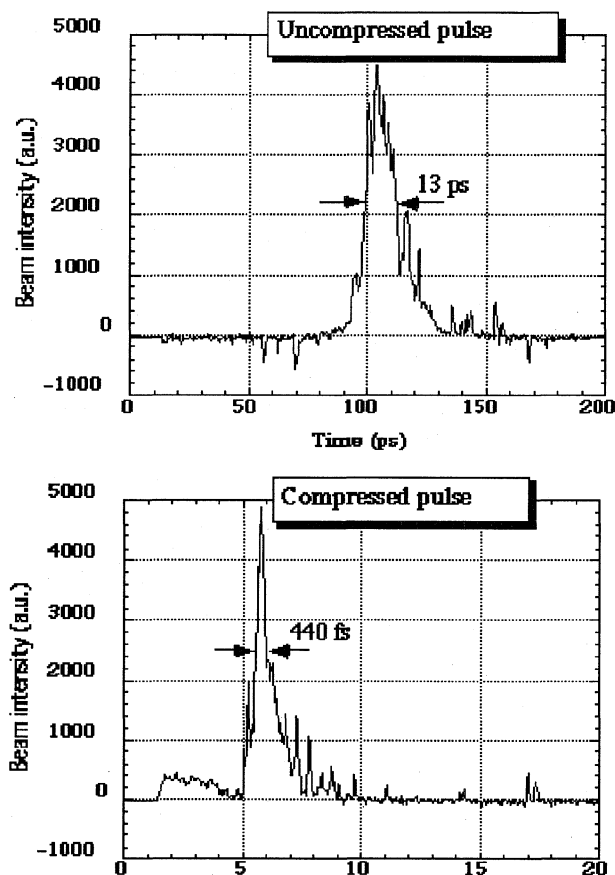


図2 パルス圧縮前後の電子パルス波形

測定に関し、86fs Ti:Sapphirer レーザーを用いてフェムト秒ストリークカメラの校正を実施した。ビームスプリッターと光路遅延器によって2つに分けたパルス波形を図3に示す。パルス幅は390fsであった。誤差の伝播法則により、ストリークカメラの誤差は半値幅で370fsと判定できる。これを下記のように440fsより差し引くと、240fsとなる。その後4月にストリークカメラのMCPを更新し、同様の測定を行ったところ、誤差は260fsとなり公称値200fsに近い値が得られた。

また、RF電子銃につき、暗電流の挙動把握と低減も実施中である[2]。

4. フェムト秒電子ビーム診断の向上

フェムト秒ストリークカメラに用いた測定においては、集光レンズでの分散によるチェレンコフ光パルスの伸長、光学バンドパスフィルタによるその除

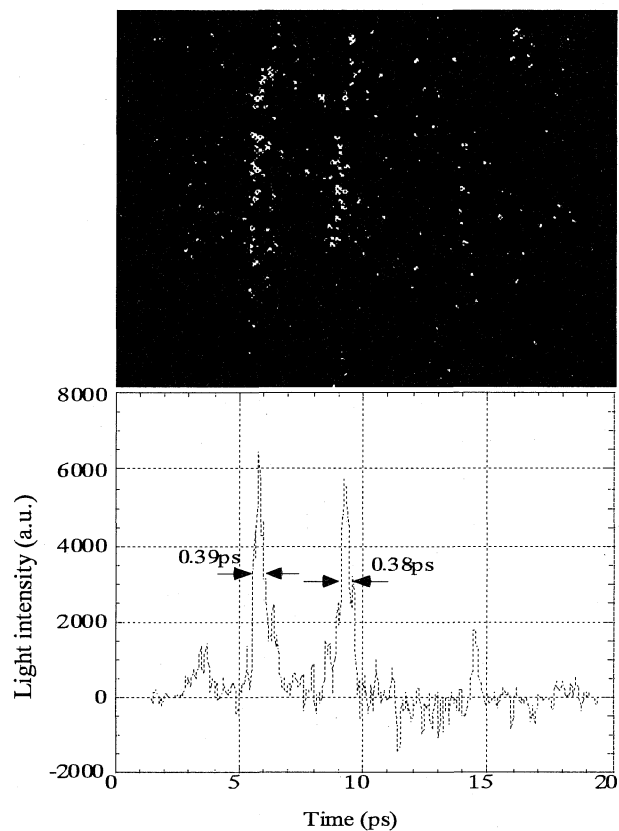


図3 Ti:Sapphire レーザーによるストリークカメラの校正

去、それによる光強度減少によるS/N比の悪化が従来の問題であった。そこで、今回レンズを一切使用しない反射ミラー型集光結像光学系を作成し、測定を実施した。その結果、光の分散が大幅に低減され、バンドパスフィルタを従来の系の10nm幅以下から20-50nm幅に拡げて、かつゲインを16から9に下げても、前記時間分解能を保ちながら高S/N比で測定できることを確認した。コヒーレント遷移放射干渉計[3]にて、レーザーフォトカソードRF電子銃付ライナック(18L)の電子ビーム診断を実施する。また、シングルショット計測が可能な遠赤外線ポリクロメーターによる計測も実施した。結果は現在解析中である。

5. レーザー航跡場加速

高S/N比エマルジョンスペクトロメーターを使って、加速された電子ビームのスペクトルを再評価中である。キャピラリー方式プラズマチャンネルを採

用した加速実験も近々実施予定である。また、 180° トムソン散乱 X 線パルス発生に成功した。

6. パルスラジオリシス

将来のフェムト秒時間分解能パルスラジオリシスを目標とし、100fs Ti:Sapphire レーザー (T^3 レーザーの主マルチパス増幅器をバイパス) とライナックを連動したパルスラジオリシス実験を開始した。電子ビームのパルス幅 10ps、ライナック、レーザーの同期の時間分解能は 9ps(FWHM)で、水和電子の生成・消滅の仮定を測定した。また、今年度中に、半導体励起ポンプレーザーによる 100fs Ti:Sapphire レーザーを導入し、レーザーフォトリード RF 電子銃励起用 10ps 光パルスと分析用 100fs 光パルスを 1つのレーザーから供給でき、かつ電子パルス (1nC/パルス以上) と分析光パルス (15 μ J/パルス以上) との同期の時間分解能が FWHM で 1ps を切れるを構築することを目指す[5]。

7. ピコ秒時間分解 X 線回折

ライナックからの 10ps 電子ビームと 100 μ m ϕ 銅線に照射して発生させた 10ps X 線パルスにより、Si、GaAs、NaCl 単結晶の X 線回折に成功した[6]。10ps X 線パルスの生成は EGS 4 コードによる数値計算により確認している。ここでは X 線イメージングプレート上で $K_{\alpha 1}$ (8.05 keV) と $K_{\alpha 2}$ (8.03keV) による回折線の弁別に成功した。今後、 T^3 レーザーをポンプパルス、その 10ps X 線パルスをプローブパルスとして、上記単結晶の非平衡熱膨張過程での原子の動きを動画像化する。さらには、誘電体の相転移やソフトフォノンにおける原子の動画像化にもチャレンジする。

8. 非慣性空間電荷力とコヒーレント放射力によるエミッタンス増大

X 線自由電子レーザー実現のためには、シケイン型磁気パルス圧縮器での標記現象の解明・実証・対策が不可欠である。我々は、東大システム量子工学

専攻羽島良一氏とともに、氏の数値解析を実証すべく、18L ライナックにてその効果を測定した。その結果、エネルギースペクトルすなわち縦方向エミッタンスに有意な変化を実測することに成功した[7]。

9. まとめ

東大ライナックでは 240fs 電子ビーム生成をひとつのターニングポイントとして、今後しばらくは、放射線化学のためのフェムト秒パルスラジオリシス及びフェムト秒・ピコ秒時間分解 X 線回折による非平衡系での原子の動画像化、すなわちフェムト秒動的顕微鏡の実現に注力する方針である。並行して、X バンドライナックによる 100fs 電子シングルパルス生成[8]、プラズマカソード方式[9,10]による 10MeV, 10fs, 1nC 電子シングルパルスの生成の検討も引き続き実施していく。

参考文献

- [1] M. Uekaka et al., Proc. of EPAC98 (Stockholm, June), Proc. of 6th Advanced Accelerator Concepts Workshop (Baltimore, July), in press.
- [2] T. Ueda et al., in this proceeding.
- [3] J. Sugahara et al., *ibid*.
- [4] K. Nakajima et al., Proc. of EPAC98, in press.
- [5] T. Watanabe et al., in this proceeding.
- [6] H. Harano et al., *ibid*.
- [7] R. Hajima et al., Proc. of FEL Conf. (Williamsburg, USA, August), in press.
- [8] A. Takeshita et al., NIM-A(1998), in press.
- [9] D. Umstadter et al, Phys. Rev. Lett., 76(12) (1996), 2073-2076.
- [10] E. Esarey et al., Phys. Rev. Lett., 79(14)(1997), 2682-2685.