

Current Status ('97) of Subpicosecond Linac at NERL of Univ. of Tokyo

Mitsuru Uesaka, Toru Ueda, Koji Yoshi, Hideki Harano,
Takahiro Watanabe, Kenichi Kinoshita

Nuclear Engineering Research Laboratory, University of Tokyo

2-22 Shirakata-Shirane, Tokai, Naka, Ibaraki, Japan

Abstract

The new laboratory of Beam-Material Interaction started this April to promote generation and application of ultrashort quantum beams. 8 research themes have been accepted and performed this year. Coherent transition radiation interferometry is applied to picosecond electron bunch measurement. The results agree with the results obtained by the femtosecond streak camera. The experiment of the laser wakefield acceleration is under way under the collaboration with KEK and JAERI-Kansai. The 18L linac of the twin linacs is modified for femtosecond electron beam injection for laser wakefield acceleration. The laser photocathode RF gun and the chicane-type magnetic pulse compressor have been installed. The low power X-band RF test for the X-band femtosecond linac and design study of the linac with the laser photocathode RF gun is carried out.

東大工原施サブピコ秒ライナックの現状（'97）

1、はじめに

今年4月より東大工原施に新部門“ビーム物質
相関研究部門”が発足した。本研究部門では、ライ
ナック、レーザーを使用して様々な極短量子ビーム
を発生、放射線化学・物理に利用する研究が推進さ
れる。今年度はライナック共同利用として8テーマ
が採択され、実施されている。それらを下記に挙げ
る。

- (1) 水溶液の放射線効果の研究
 - (2) 高分子材料の放射線効果の研究
 - (3) 超高速反応測定技術の開発と利用
 - (4) フェムト秒パルス電子線モニターの開発
 - (5) プラズマ加速
 - (6) 機能性材料の電子線照射効果
 - (7) サブピコ秒領域における高濃度 Tb³⁺含有ガ
ラス中での Tb³⁺間共鳴エネルギー移動につい
ての研究
 - (8) フェムト秒ライナックのためのマシンスタ
ディ
- 以下に研究トピックスをまとめる。

2、コヒーレント遷移放射光干渉法によるビーム長 計測

コヒーレント遷移放射光干渉法によるビーム長計
測は、ピコ秒、サブピコ秒の電子ビーム長計測に現
在世界で盛んに適用されている。しかしその精度に
関してはまだ議論があり、他の手法との精度比較が
求められているところである。そこで、今回東北大
学科学計測研究所池沢研グループと共同で、コヒー
レント遷移放射光干渉法によるビーム長計測を行い、
フェムト秒ストリークカメラによる計測結果との比
較を行った。計測は28Lラインの磁気パルス圧縮
器の後段で行い、加速管中でのビームが乗る位相を
調節し、ビーム長を可変とし10, 3, 1.5 psとなる
ように選んだ。Wire-Grid型ビームスプリッタを用
いたMartin-Puppet型干渉計により、可動ミラー
の変位に対する干渉光強度の変化を測定し、それよ
り逆フーリエ変換によって放射光スペクトルとバン
チ形状関数を求め、後者よりKramers-Kronig関係
を使って進行方向ビーム形状を計算した。算出され
たパルス幅(FWHM)をフェムト秒ストリークカメ

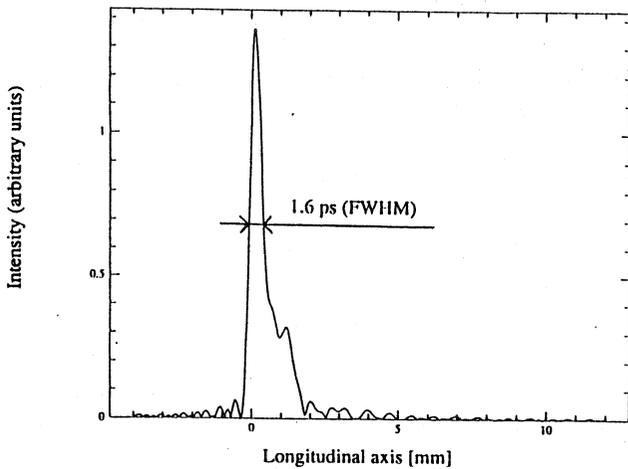


図1 コヒーレント遷移放射光干渉法による
1.5 ps ビームの波形

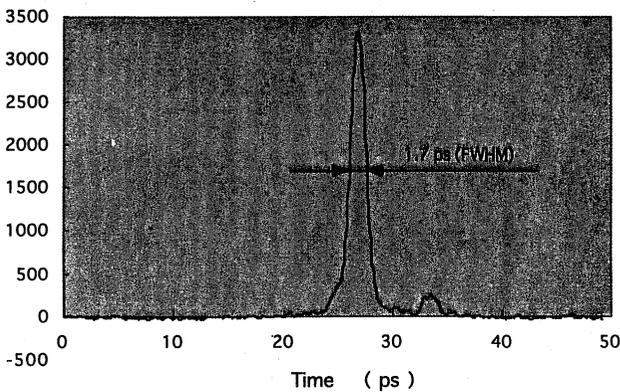
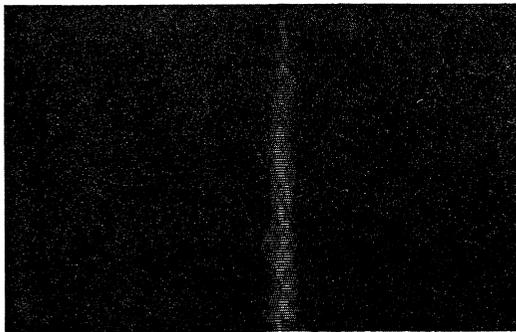


図2 フェムト秒ストリークカメラによる 1.5 ps
ビームのストリークイメージと波形

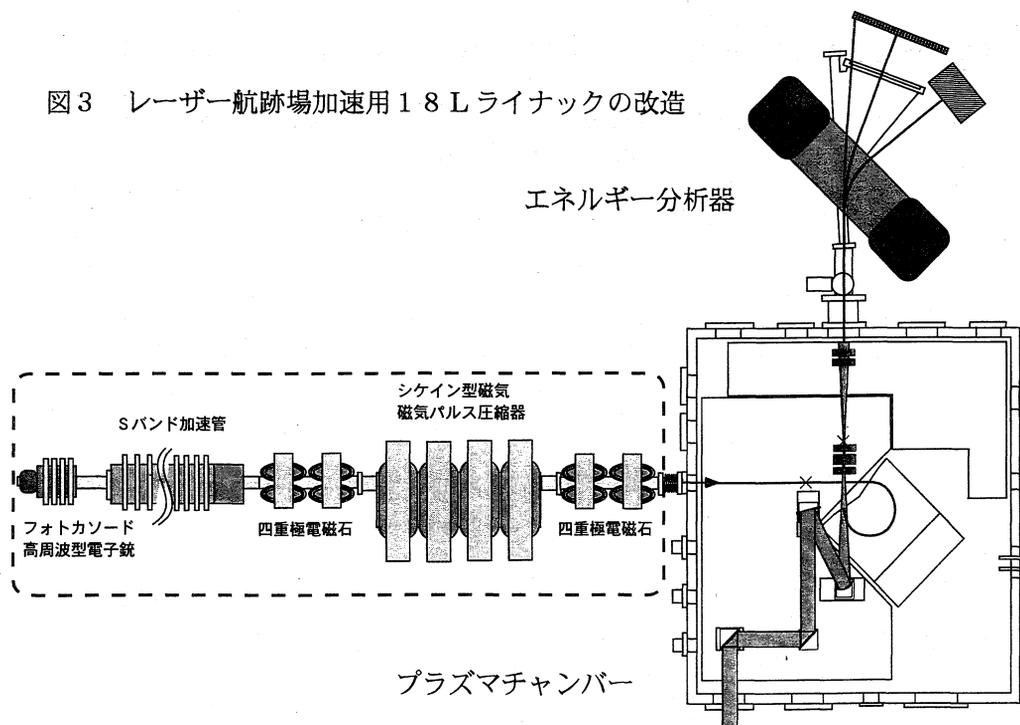
ラによる結果と比較したところ、上記3ケースで20%の精度で一致した。1.5 ps ケースのコヒーレント遷移放射光干渉法によるビーム波形を図1に、フェムト秒ストリークカメラより得られたストリークイメージとビーム波形を図2にそれぞれ示す。現在さらに200 fs以下の短ビーム長計測に適したマイラ型ビームスプリッタを用いたマイケルソン干渉計を製作中である。

3、レーザー航跡場加速

高エネ研、原研関西研との共同プロジェクトとして運営、実施されている研究である。昨秋に100 MeVを超える加速に成功した。また、レーザーと電子とのトムソン散乱によるX線発生にも成功した。今年度は18 Lラインを、200 fsのビームが発生し、プラズマチャンバに入射できるようにするため、改造中である。入射器として90 keV熱電子銃とSHB、2台のプリバンチャーの代わりに、レーザーフォトカソードRF電子銃を導入し、さらにシケイン型磁気パルス圧縮器を導入することによって、200 fs、1 nC程度の短パルスを生成できるようにする。18 Lには加速管が一本しかないため、ここでは電子銃からの加速と磁気パルス圧縮のためのエネルギー変調を同時に行う。数値計算はPARMELAを用いて行い、200 fs (FWHM)、1 nCのビームのビームパラメータの結果は得られている。RF電子銃後のビームパラメータは、パルス幅10 ps (FWHM)、電荷量1 nC、エミッタンスは 1π mm · mrad (normalized rms)を仮定している。改造18 Lライナックの機器構成を図3に示す。

発生された200 fsのビームはレーザー航跡場の加速位相めがけて入射し、加速効率の向上を目指す。また、この電子ビームとレーザーを 180° 衝突させることによってレーザーシンクロトロン放射によるX線発生の実験も実施する予定である。

図3 レーザー航跡場加速用18Lライナックの改造



4、サブピコ秒X線の発生と利用

28Lラインからのサブピコ秒電子ビームを厚さ $30\ \mu\text{m}$ の銅箔に照射し、サブピコ秒X線を発生させ、それをNaCl単結晶に照射し、Bragg X線回折パターンを取得に成功した(図4)。次のステップとして、ライナックからのコヒーレント赤外放射光をイオン単結晶に照射し、コヒーレント格子振動を誘起させ、パルススナップショットX線回折によって格子振動を動画像化するための実験を実施する。

5、Xバンドフェムト秒ライナックの検討

今回はXバンドRF系のクライストロンへの入力用TWTアンプまでの低パワー部を組み立て、その調整を実施した。また、ライナックの入射器をレーザーフォトカソードRF電子銃を導入した場合のケーススタディも実施した。

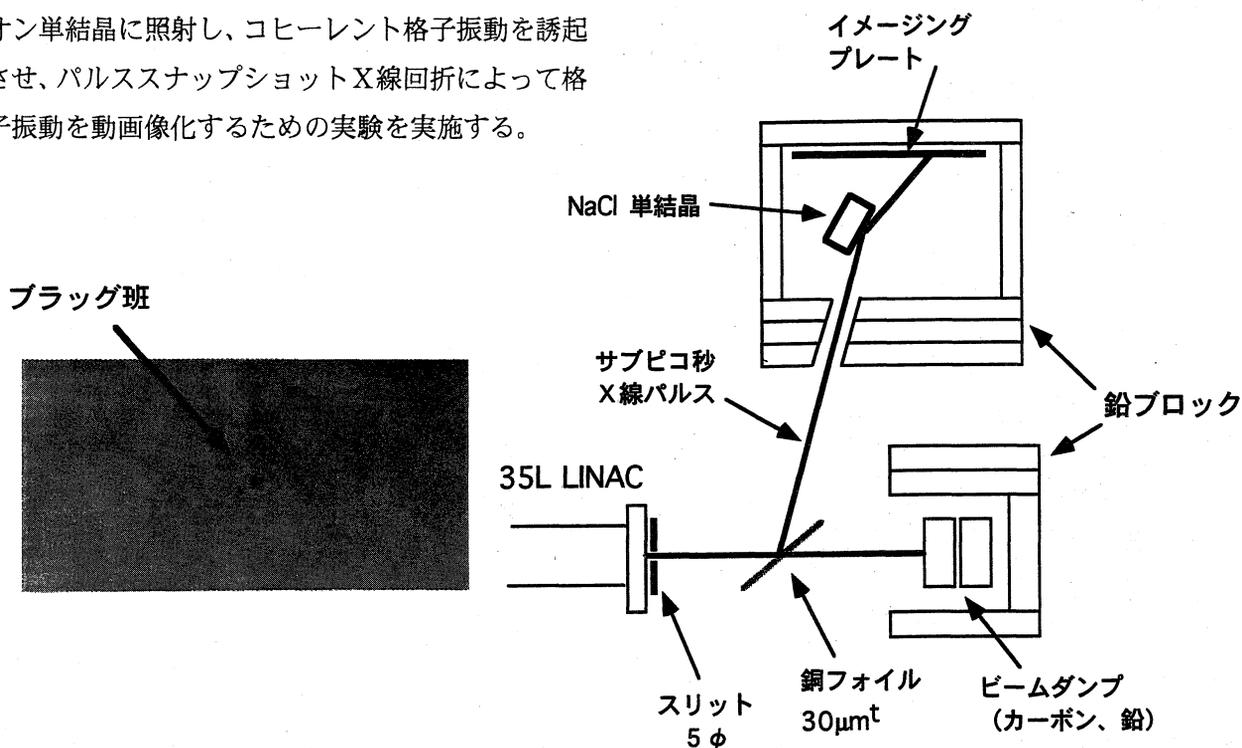


図4 サブピコ秒X線発生とNaCl単結晶のBragg回折パターンの取得