

## Master Oscillator System for the Femto-second Single-Bunch X-band LINAC

T. Ueda, K. Yoshii, H. Harano and M. Uesaka

Nuclear Engineering Research Laboratory, Faculty of Engineering, University of Tokyo  
2-22 Shirakata-Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-11

## ABSTRACT

We have a project of the X-band femto-second single beam LINAC. The master oscillator system consists of the 476MHz synthesised signal generator, 2856MHz multiplier, 11.4GHz multiplier and 79.3MHz count-down converter. The 79.3MHz radio frequency were supplied with the femto-second laser to synchronizing the electron beam. The signal quality is a very important factor to stabilizing the electron beam energy and the intensity. We have constructed a master oscillator system. Then the frequency spectrum and the phase jitter have been proved. The 11.4GHz X-band frequency has contained  $\pm 11$  degree phase jitter.

## フェムト秒X-バンドライナック用マスターオシレータシステム

## (1) はじめに

東大原子力工学研究施設の35MeV電子ライナックは、約20年前にピコ秒シングルビームの加速に成功し、ビーム利用は放射線化学の初期過程の研究に活発に利用された。さらに高時間分解能の測定を行うために、ツインライナックパルスラジオリシスシステムを完成させ、20ピコ秒での立上り時間をもつ吸収測定にも成功した。その後、エネルギーの異なるピコ秒シングルビームライナック(28MeVと18MeV)を利用することにより、電子ビーム航跡場加速実験も高工研及び宇都宮大との共同研究により成功した。さらに、ピコ秒シングルビームのパンチ巾をさらに短くする目的で磁気パルス圧縮を行い、サブピコ秒パルスの発生と計測の実績を得た。また、一方自由電子レーザー研究所との共同研究で18MeVライナックを用いて、マイクロ秒パルスによる自由電子レーザーの発振も日本で最初に成功した。現在は高工研、原研との共同研究によりレーザー航跡場加速の実験準備が進められている。さらに、東大では将来計画としてX-バンドライナックによるフェムト秒シングルビームの発生に向けて、加速器の設計、ビーム計測等の準備が進められている。ここでは、X-バンドシ

ングルビームライナックにおけるマスターオシレータシステムを試作、試験したので報告する。

## (2) X-バンドフェムト秒シングルビームライナックとRFシステム

Fig-1に計画しているフェムト秒ライナックのシステムを示す。電子銃は熱電子銃を採用し、476MHzサブハーモニックパンチャ、2856MHz進行波型プレバンチャーとX-バンド加速管2本でライナックを構成する。加速管1本目はビームの加速に利用し2本目は磁気パルス圧縮のためビームにエネルギー変調をかける。目標としては100fsecで1ncをめざす。将来的には入射部はフォトカソードRF-GUNの採用も検討している。RFシステムは、476MHzをマスターオシレータとして $\times 6$ と $\times 4$ 倍して2856MHzと11.424GHzを作り出す。一方、レーザー同期のために、476MHzを1/6カウントダウンして79.33MHzを発生させる。グリッドパルサーは476MHzと同期をとりそのトリガで駆動させる。サブハーモニック増巾器及びSバンドクライストロンは既存のものを採用し、それぞれ5kWと1MW程度の出力を必要とする。X-バンドクライストロンは高工研にて開発中である。今回はX-バンドクライストロンの入力となるTWTアンプ出力までのRFの

スペクトルと位相ジッターを測定した結果を報告する。

### (3) スペクトル測定と位相ジッターの測定結果

マイクロ波の位相雑音の測定は位相雑音測定システム（例えばHP3048AR等）を用いて行うのが最も良い方法だと思うが、測定装置を所有していないため、スペクトル測定と位相検波による測定を行い、良否を決定する。

#### (a) スペクトル測定について

スペクトラムアナライザ（アンリツ MS710A）を用いて、HP8664Aシグナルジェネレータ出力を基準として、各通倍器出力のスペクトル測定を行う。各スペクトルの良否を比較するため、それぞれの組合せとその時のスペクトルの結果を整理したものをTABLE-1に示す。TABLE-1の見方は例えば組合せNo.4の場合HP8664Aのシグナルジェネレータで476MHzを発振させ2856MHz通倍器と11.424GHz通倍器の出力を測定した結果をPhoto-3に示し、そのスペクトルの広がりから-60dBと-70dBでの周波数を計算するとそれぞれ $\Delta f_1=60\text{KHz}(-60\text{dB})$ 、 $\Delta f_2=400\text{KHz}(-70\text{dB})$ という結果を表している。

この結果から、No.4とNo.5を比較して分かることは、11.424GHzの通倍器よりも2856MHz通倍器が、スペクトルを劣化させていることが判明した。

#### (b) 位相検波による位相ジッターと位相Droopの測定

TABLE-1のNo.4とNo.5の組合せにおいて、11.424GHzをTWTアンプの入力に入れた場合に、出力パルスの位相検出したものをPhoto-7とPhoto-8に示す。この結果よりNo.4での組合せでは、位相ジッターも $22^\circ$ のジッターを発生していることが分る。一方、No.5の組合せでは位相ジッターは測定限界に近く $2^\circ$ 程度におさまっていることが分る。このことから2856MHz通倍器に不具合があることが分る。さらに、パルス巾を広げて位相のDroopを測定したものがPhoto-9である。この結果より位相Droopは $45^\circ/8\mu\text{s}$ であり、クライストロン出力のパルス巾を200nsとすると、 $1.14^\circ$ 以内に納まることが分る。従ってシングルビームを出す上においては位相Droopは現時点では満足できる。

#### (4) 結論

今回マスターオシレータを試作した結果2856MHz通倍器に位相ジッターを発生させる原因があることが判明した。今後、2856MHz通倍器の回路方式を検討し、性能を上げる必然がある。

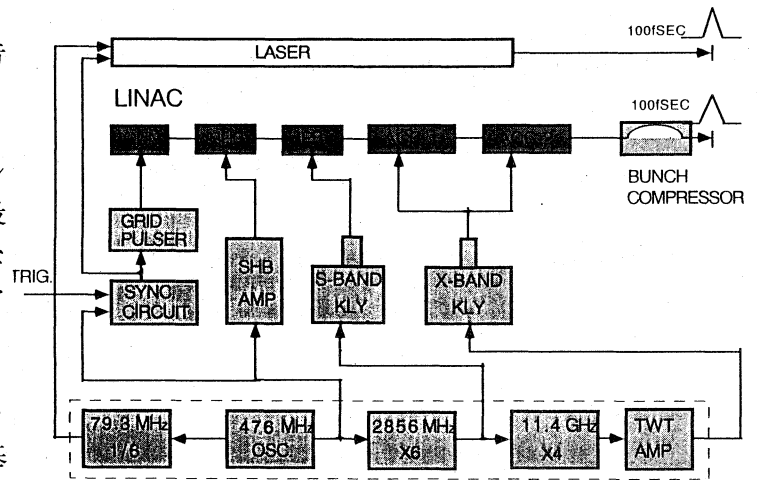
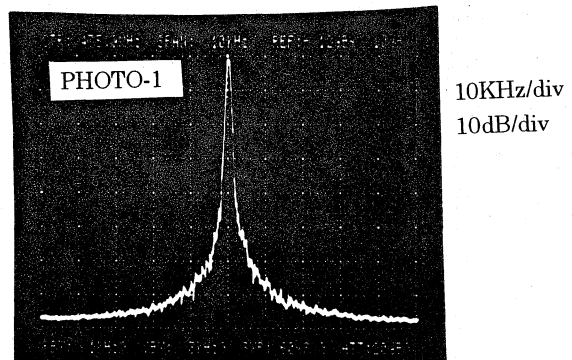
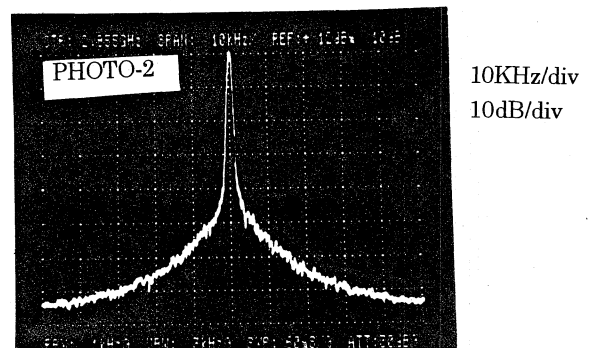


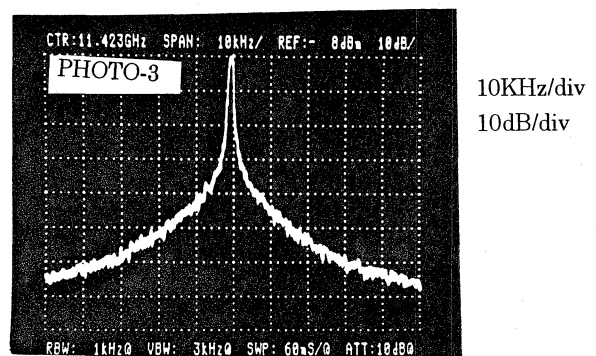
FIG-1 X-バンドフェムト秒シングルビームライナックとRFシステム



HP8664A SGによる476MHzのスペクトル



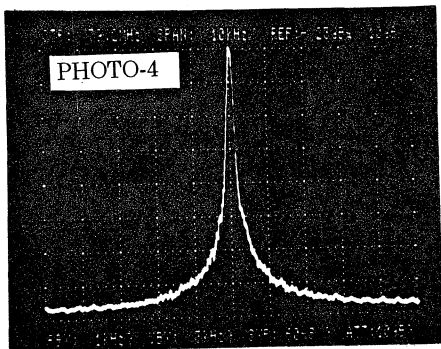
476MHzと2856MHz通倍器の組み合わせ  
2856MHzのスペクトル



476MHzと2856MHz通倍器と11.4GHz通倍器の組合せ  
11.4GHzのスペクトル

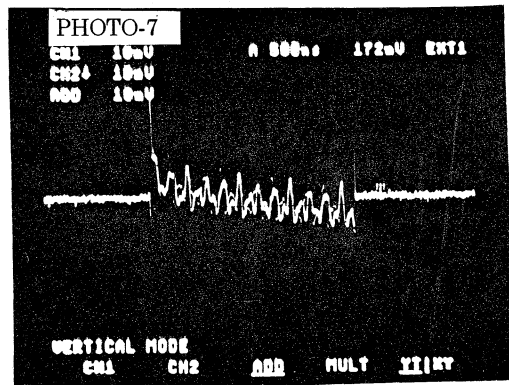
TABLE-1 スペクトル測定における機器の組み合わせと測定結果野まとめ

組み合わせNo.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
476MHZ(HP8664A)	###		###	###		
2856MHZ(HP8664A)		###			###	
2856MHZ(X6てい倍器)			###	###		
11.424GHZ(X4てい倍器)				###	###	
79.3MHZ(1/6分周器)						###
測定中心周波数 f0	476MHZ	2856MHZ	2856MHZ	11.424GHZ	11.424GHZ	79.3MHZ
スペクトル幅f1(-60db)	10KHZ	10KHZ	30KHZ	60KHZ	11KHZ	10KHZ
スペクトル幅f2(-70db)	25KHZ	25KHZ	60KHZ	400KHZ	50KHZ	25KHZ
PHOTO No.	PHOTO-1	PHOTO-5	PHOTO-2	PHOTO-3	PHOTO-6	PHOTO-4



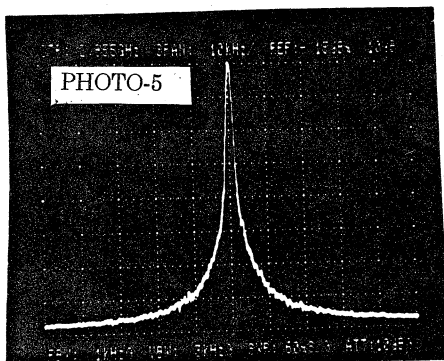
10KHz/div  
10dB/div

476MHz (SG出力) と 1/6 分周器の組合せ  
79.3MHz のスペクトル



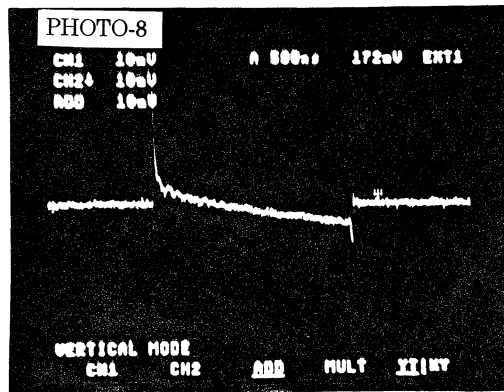
22deg./div  
500ns/div

476MHz \* 2856MHz \* 11.4GHz 通倍器の組合せによる  
TWT アンプ出力の位相ジッター



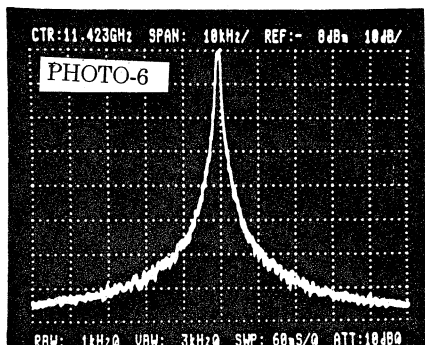
10KHz/div  
10dB/div

HP8664A SG による 2856MHz のスペクトル



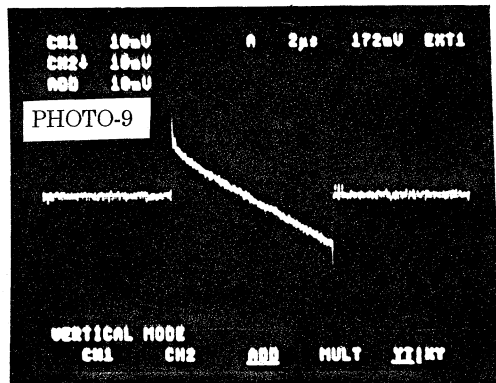
22deg/div  
500ns/div

2856MHz (SG出力) と 11.4GHz 通倍器の組合せによる  
TWT アンプ出力の位相ジッター



10KHz/div  
10dB/div

2856MHz (SG出力) と 11.4GHz 通倍器の組合せ  
11.4GHz のスペクトル



22deg/div  
2µs/div

TWT アンプの位相Droop