

## STATUS OF TWIN LINAC AT NERL OF UNIVERSITY OF TOKYO

Toru UEDA, Toshiaki KOBAYASHI, Takahiro KOZAWA, Yoichi YOSHIDA,  
Mitsuru UESAKA and Kenzo MIYA

Nuclear Engineering Research Laboratory, Faculty of Engineering,  
University of Tokyo

22-2 Shirane Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-11

### Abstract

The energy fluctuation of the 28 MeV linac has been improved by using the frequency feedback which is adjusted with the manual control to keep the resonant frequency of the accelerator tubes. The fluctuation of the average beam current which passed through the energy analyzing magnet ( $0.2\% \Delta E/E$ ) was obtained less than 3% during an hour.

### 東大ツインライナックの現状

〈運転及び利用状況〉 ここ4年間の運転実績を Fig-1 に示す。88年度にツインライナックが完成し、ライナックの利用モードも複雑となっている。運転モードとビーム性能を Fig-2 に示す。また、ライナックの現状のシステム図を Fig-3 に示す。現在の利用実験の主なものを以下に示す。

- 1) ピコ秒パルスラジオリシスでの放射線化学実験
- 2) プラズマウェークフィールドでの加速及び集束実験
- 3) 自由電子レーザー (FEL) 実験
- 4) フェムト秒ビーム発生を目的としたバンチ圧縮実験

ツインライナックシステムは本来ピコ秒パルスラジオリシスの実験を目的に製作した。その結果、立上り時間 $\sim 20\text{ps}$ の分解能での吸

Fig-1.  
運転  
実績

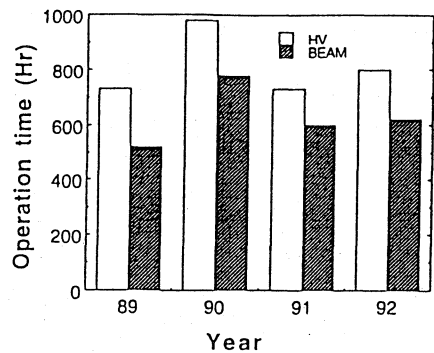


Fig-2.  
運転  
モード

		ツインライナック		(シングル)
エネルギー		28 MeV	18 MeV	35 MeV
パルス長		10 ps	10 ps	10 ps
ビーム電流		>300 pc	>300 pc	>300 pc
立ち上がり時間		50 ps	50 ps	50 ps
クライストロン		I	II	I + II
エネルギー		—	14 MeV	25 MeV
パルス長		—	4.5 ps	4.5 ps
ビーム電流		—	200 pc	200 pc
立ち上がり時間		—	100 ps	100 ps

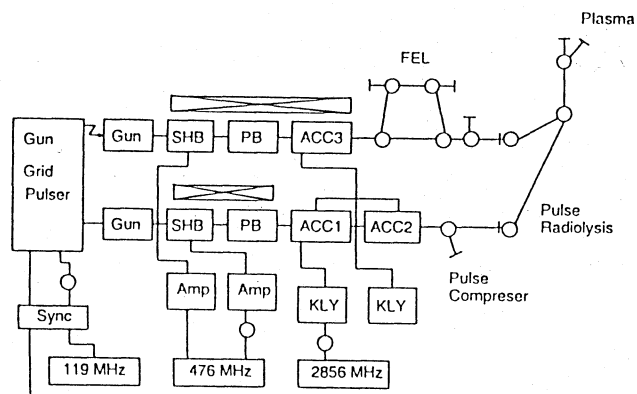


Fig-3. ツインライナックシステム

収測定が可能となり今までに多くの実験に利用されている。最近、高エネ研及び宇都宮大学等の協同研究により、ツインライナックのビームを用いて、プラズマウェークフィールドの加速実験に成功した。また、18MeVライナックを用いて、東大及び自由電子レーザー研究所との協同研究により、自由電子レーザーの自発光も確認され、現在、発振の実験を行っている。また、最も新しい試みとしては、フェムト秒パルスビームの発生を目的として、その予備実験としてピコ秒パルスでのバンチ圧縮の実験を行い、今まで確認できなかった10ピコ秒以下のパルスビームの計測に成功している。また、フェムト秒ストリークカメラ（浜松：FESCA 500）を用いてバンチ形状の変化も確認できるようになった。

### <28L最大加速電流の実験>

Fig-2において、28Lの長パルスビームでのビーム性能が記入されていない。この理由としては28Lでは5MWのクライストロン一台で2mの加速管を2本シリーズにマイクロ波電力を供給しているため、長パルスモードではマイクロ波のパワーが不足して十分な加速ができない。従って、基本的には28Lでは短パルスモード専用として利用している。ところが、28Lでもできるだけ電荷量を必要とする利用者側の要求が出てきた。そこで、今回28Lでの最

大加速電流の実験を試み、そのエネルギー測定を行った。その結果、Fig-4に示すようにパルス巾約250nsで48nC/pulseの電荷量が得られた。この時のエネルギー巾 $\Delta E/E$ は33%となっている。また、パルス巾約50nsで40nC/pulseの電荷量が得られた。この時ピーク電流としては850mAが得られた。しかし、スペクトル巾は同程度の広がりをもつ結果となった。

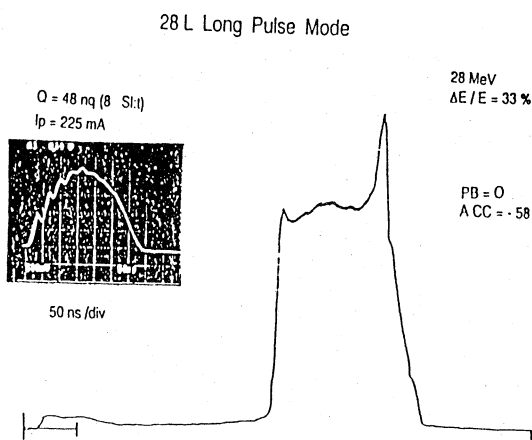


Fig-4. 28L最大加速ビーム特性

### <ライナックビームのエネルギー安定度>

今まで、ピコ秒単パルスビームの安定化を計ってきた。その結果28Lで直線方向でスリット（3mmφ）通過のビーム平均電流安定性は、 $\pm 0.6\%/80\text{min}$ という結果が得られたことを昨年報告した。今回はエネルギー安定性について報告する。ビームは2nsビームで実験を行った。エネルギー安定性について最も影響を与えているのは加速管温度（冷却水温度）であることが判明した。そこで、冷却水温の変化と、28Lビームをエネルギーアナライザ（分解能0.2%）出口でのビーム平均電流変化を記録したのをFig-5に示す。冷却水温の時間的変化はいつも同じパターンではないが明らかに水温変化に追従してアナライザ通過ビーム平均電流も変化していることが分かる。冷却系の温度コントロールとしては $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 以内で温度コントロールしていることが分かる。

Instability of analyzing beam current and cooling temperature

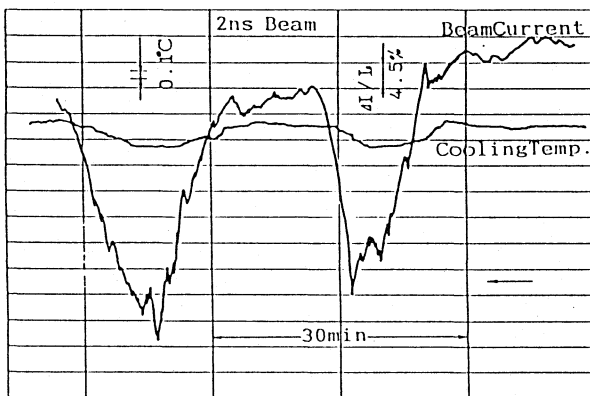


Fig-5. 温度変化とアナライザ出口のビーム電流変化

加速管の温度変化と共振周波数の関係は2856 MHzで-50KHz/°Cという値が得られているので、この変化を周波数変化としてみると±0.2°Cで±12.5KHzの変化として換算できる。また、周波数変化と加速ビームのエネルギー変化の式は短パルス電流の場合(1)式で与えられる。

$$\left(\frac{\delta K}{K}\right)_{cl} = Q^2 \left[ \frac{2\tau(\tau+2)}{e^\tau - 1} - 4 \right] \left(\frac{\delta f}{f}\right)^2 \quad (1)$$

そこで温度変化によるエネルギー変動を計算すると±0.2%ΔE/Eとなる。これを実験的に確認するために温度一定で、周波数を変化させた時の直進3mmφスリット通過ビーム平均電流の変化と、エネルギーアナライザ出口でのビーム平均電流の変化を測定し、その結果をFig-6に示す。このグラフからも明

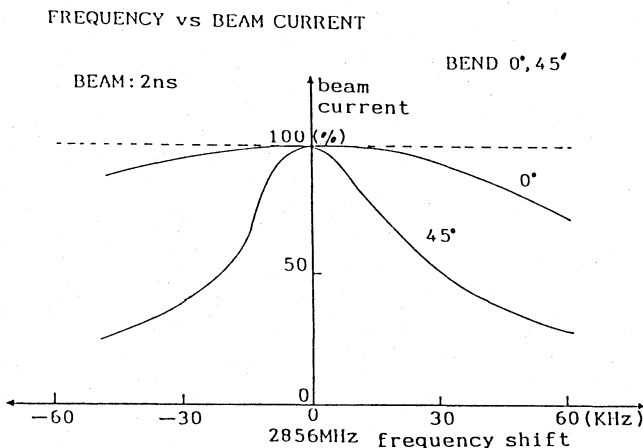


Fig-6. 周波数変化とビーム電流変化

らかなように直進3mmφ通過電流に対しては周波数±12.5KHz(冷却系温度で±0.2°C)以内ではほとんど影響がない。但し、エネルギーアナライザ出口では周波数±12.5KHzの変化で電流変化は-20%減少することが分る。しかも、ビーム調整時に水温の最高及び最低温度で調整した場合、その変化量は0.4°Cとなるため、この時はアナライザ出口のビーム平均電流は-55%減となることが分かる。実際にもそのような結果が出ている。(Fig-7)

Instability of Analyzing Beam Current

Differential Beam Adjusting Point of Cooling Temperature

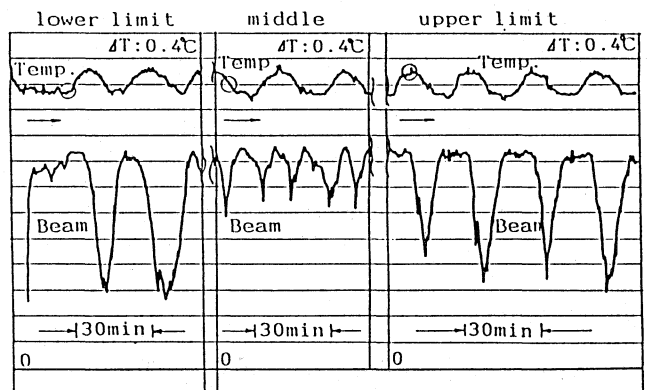


Fig-7. ビーム調整による電流変化の相違

<周波数フィードバック方式によるエネルギー安定化の試み>

上記のごとく、現状でエネルギー安定性に影響が大きいのは冷却水温度である。従って冷却水の温度コントロールを高精度にすることにより、エネルギー安定性を高めることは推定できる。一方、冷却系の温度変化を検出して、発振器の周波数を変化させることでもエネルギーの安定化をはかることも考えられる。その試みとして温度変化に対して周波数フィードバックをマニュアルで行った結果がFig-8である。その結果、エネルギーアナライザ出口(エネルギー分解0.2%)でビーム電流安定度3%/Hrの安定度におさえることができた。この結果より、冷却水温度変化を発振周波数を変化させること

で、ビームエネルギーの安定化が計れることが  
確認できた。

Stability of analyzing beam current  
by using with frequency feedback

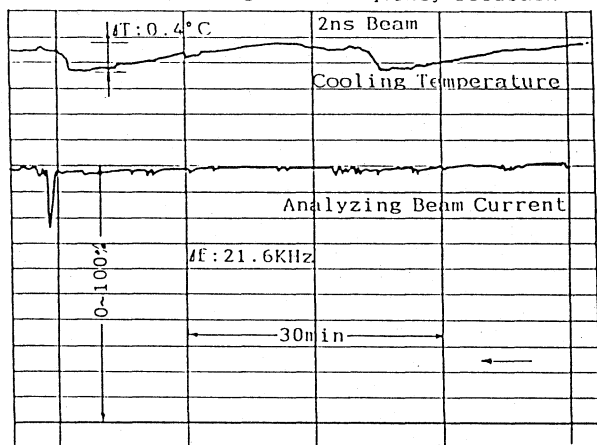


Fig-8. 周波数フィードバックによる  
エネルギーの安定化

<参考文献>

- (1)熊谷寛夫編実験物理学講座加速器
- (2)上田 徹他 Proc. of 16th LINER ACC.  
MEETING P336
- (3)上田 徹他 Proc. of 17th LINER ACC.  
MEETING P261