

BEAM STABILITY AND CONTROL FOR LINAC AT NERL UNIV. OF TOKYO (II)

T. Ueda, T. Kobayashi, Y. Yoshida, M. Uesaka and K. Miya

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

Abstract

The beam stability of the 28 MeV electron linac has been improved for the picosecond pulse radiolysis experiment. The fluctuation of the emission current from the Y-796 electron gun was reduced by using a power supply regulated by the AVR (auto voltage regulator), a grid pulser which consists of avalanche transistors and snap-off diodes, and a double synchronized circuit trigger system. The improvement of the S/N ratio for the microwave monitor system was achieved by using a fiber transmission line (A6903: Sony-Tektronix). The accuracy of the the peak voltage monitored by using a S/H circuit and a 12 bit A/D converter was less than 0.1 %.

東大ライナックビームの安定性と運転制御 (II)

<序> 昨年に引きつづき、ピコ秒単パルスビームの安定性について報告する。放射線化学で利用されるピコ秒単パルスビーム (パルス巾約10ps) は、3mmφのスリットを通過させたビームを利用して実験を行っている。このビーム電流の安定度を良くすることは、パルスラジオリシス実験でのS/Nの向上になり実験精度の改善につながる。スリット3mmφ通過ビーム電流の安定度を1%以内におさえることを目標としてライナック装置の改善及び改良を行ったので報告する。

<電子銃エミッション電流の安定度の改善>

電子銃関連図をFig-1に示す。電子銃カソードはY-796を使用し、エミッション電流はパルス巾約1ns、ピーク電流は約5Aである。このエミッション電流のパルスごとの不安定性は主にグリッドバルサー電圧と電子銃バルサー電圧の変動である。この電圧の変動がどの程度エミッション電流の安定度に影響するか、(1)式で表される。

$$\frac{\Delta I}{I} = \sqrt{\left(1.5 \frac{\Delta V}{V_p}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V}{V_g}\right)^2} \quad (1) \quad \begin{array}{l} V_p : \text{電子銃バルサー電圧} \\ V_g : \text{グリッドバルサー電圧} \end{array}$$

例えば、各々1%の電圧変動があった場合にはエミッションの変動は1.8%になることが推定される。エミッション電流を安定化させるため以下の3つの改善を行った。

(1) 電子銃バルサー電源を商用電源供給から、自動電圧調整器を通した電源供給に変更した。その結果、供給電源の変動は±5%から±0.5%に改善された。また、電子銃バルサーPFN電圧の変動は0.3%から0.1%におさえられた。その結果、パルス毎の電子銃バルサー電圧の変動は、0.12%という測定結果が得られた。

(2) グリッドパルサーを板極管タイプから半導体方式に変更し、出力電圧の変動を改善した。これは従来、板極管方式しか短パルス発生技術がなかったが、最近、半導体（アバランシェ・トランジスタ、スナップオフ・ダイオード）使用のものが開発されたことによる。板極管パルサーの場合、高圧電源容量が大きいいため板極管に加えるプレート電源をパルス化して供給している。従って、この電源の安定度が良くないとグリッドパルサー出力電圧も変動する。これに反して半導体使用のパルサーは高圧電源容量が非常に小さい。このため、コンパクトな安定化された高圧直流電源が使用できる。板極管パルサーと、半導体パルサーを用いた場合の3mmφスリット通過平均電流の安定度の違いをFig-2に示す。

(3) 電子銃パルス電源のリングングによるエミッション電流の変動を少なくするため、従来の同期回路方式のトリガ系を一段方式から二段方式にして、タイミングの揺れ巾を出来るだけ少なくした。(二重同期方式Fig-3)。ピコ秒シングルビームを出すためには、エミッショントリガは加速マイクロ波と同期をとったトリガで駆動させなければならない。しかし、従来の一段の同期方式だと最大67.2nsの揺れ巾がある。(理論値：マスターを119MHzにした場合)。二重同期方式を採用すると、揺れ巾を1/2に短縮することができる。その結果、電子銃パルサー電源のリングング電圧の影響による変動を半分に減少することが期待できる。実測でも、二重同期方式を採用することにより、約半分にタイミングの揺れ巾が減少している結果が得られた。

<モニター波形のS/Nの改善と記録>

ライナックビームを常に安定に保つためには各種のモニターを監視しなければならない。また、データを連続記録させることにより異常が起これば、不安定となった原因を早期に究明することができる。そのためにはライナックのモニターを最低1%以下の精度で連続記録する必要がある。また、モニター波形のS/Nの改善を目的にパルスマイクロ波モニターの検波波形を、光ファイバーを用いた伝送ラインで100m離れた制御室にて測定した。(Fig-4) 光ファイバー伝送ラインは、ソニーテクトロニクス社製のA6903S型を使用した。また、パルスの連続記録は、サンプルホールド回路と12ビットA/D変換器の採用でピーク電圧約0.1%の精度で連続記録できるようにした。この回路の設計、製作はテクノランド社に依頼した。この方式の連続記録により、電子銃パルサーピーク電圧の変動が0.41%/10Hr以内に納まっていることが判明した。(Fig-5)

<ピコ秒シングルビームの安定度>

ピコ秒シングルビームの安定度の現状は、直線方向にて3mmφスリット通過平均電流の安定度で±0.6%/80min以内の安定度が得られている。(Fig-6) また、パルスごとの加速ビームの安定度は±0.3%の安定度が得られている。これらの安定度に関しては、トリガ系のジッター及びエネルギーの安定性も関連するが今回は主にエミッションの安定化について述べた。

<参考文献>

T. Ueda et al., Proceedings of the 16th Linear Accelerator Meeting in Japan p.336 (1991)

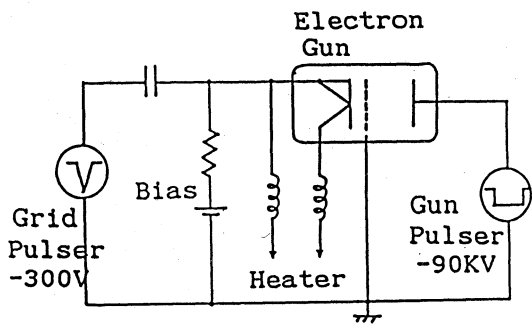
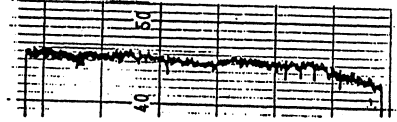


Fig-1 電子銃関連図

(1)Triode



(2)Avalanche



Fig-2 グリッドパルサーの違いによる
ビーム安定度の変化

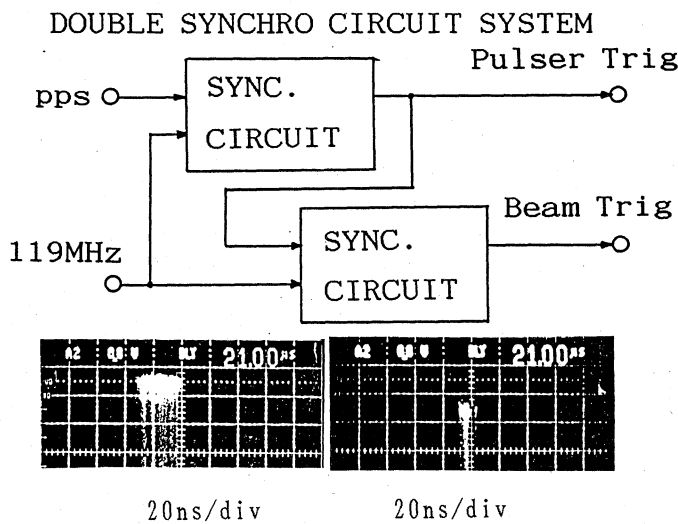


Fig-3 (上) 2重同期回路システム
(下) 左 一段同期システムのビームジッター
(下) 右 二段同期システムのビームジッター

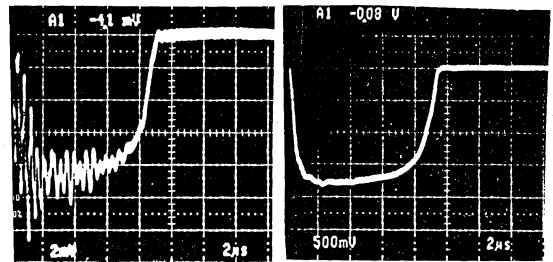


Fig-4 (左) ケーブル伝送でのマイクロ波
モニター
(右) 光ファイバー伝送でのマイクロ波
モニター

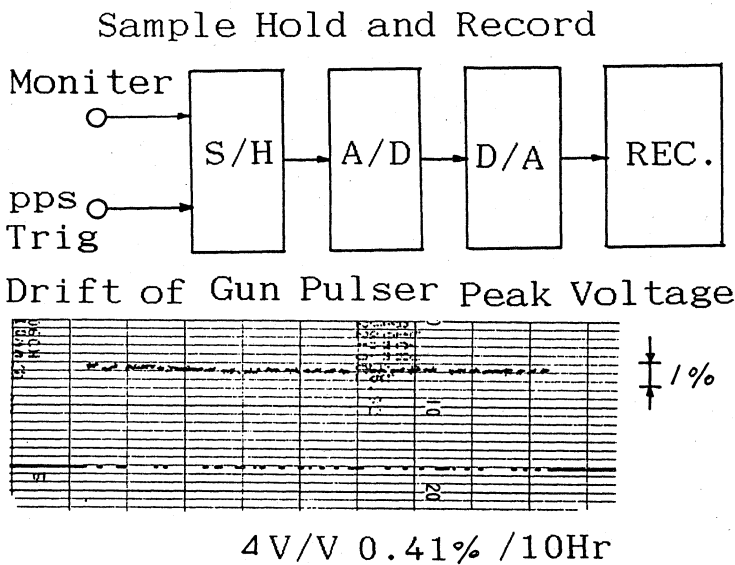


Fig-5 (上) パルスピーク電圧モニター記録システム
(下) 同上システムでの電子銃ピーク電圧の
変動記録

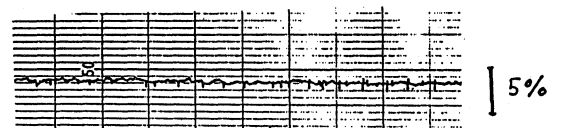
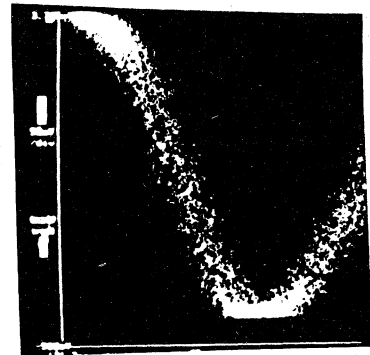


Fig-6 (上) シングルビームのサンプ
リング波形
(下) 同上平均電流の安定度