

SPring-8 1GeV 線型加速器 beam deflector 及びクライストロンモジュレータの改良

IMPROVEMENT OF BEAM DEFLECTOR AND KLYSTRON MODULATORS AT 1GEV SPRING8 LINAC

小林利明, 出羽英紀, 鈴木伸介, 柳田、謙一、花木博文
Toshiaki Kobayashi, Hideki Dewa, Shinsuke Suzuki, Kenichi Yanagida, Hirohumi Hanaki
JASRI/SPring-8

Abstract

We have installed a deflector in 2002 just after the electron gun at SPring8 linac. The main purpose is removal of the dark current which occurs by an electron gun. The deflector pulser optimized in May, 2015 was installed. Dark current could be removed sufficiently as a result of improvement of the pulser. The time fluctuation of thyatron was decreased by changing the thyatron heater/reservoir ac power supply to the dc power supply. And the keep-alive power supply and trigger amplifier were decreased by installing CVT transformer. The stability of the long-time of rf power were improved within 0.03%.

1. はじめに

2000年7月の本学会に“ビームディフレクターの開発” [1]というタイトルで発表し、2002年1月には実機に電子銃部に組み込み、現在まで使用してきていた。このディフレクターパルサーの性能目標を電子ビームパルス幅の40nsまで制御できるように制作したが、ディフレクターパルサーの容量の関係で、ステップ状のパルスを出力するパルサーを制作した。そして暗電流をキックする調整を行い、運転をしてきた。しかしパルス電圧の反射があるために、調整が複雑で、また安定性に難があると感じていた。最近、ようやくパルサーの再検討し、そのパルサーを改造した。ディフレクターのゲート幅は短くして、ほぼ矩形のパルス電圧のパルサーを製作し、ビーム試験をしたので報告する。

また、80MW クライストロンモジュレータの安定化も行った。サイクロトロン ヒータ・リザーバ電源は全号機を2014年1月に直流化電源化した。また、ヒータ・リザーバ電源用の CVT トランスが全号機において、この時に不要になっていたので、2014年8月にこの安定化トランスをサイクロトロントリガ励振器とバイアス・キープアライブ回路の交流電源の電源安定化に使用した。その結果、高安定化できたので報告する。

本報告内容を纏めると

- 新ディフレクターパルサーによる電子銃暗電流再試験。
- クライストロンモジュレータトリガ励振器電源安定化によりクライストロンパルス電圧ドリフト変動の改善。

について報告する。

2. 新ディフレクターパルサーの性能評価

このシステムの性能評価は、Figure 1 の体系で行なった。円内のディフレクター用プレートは長さ100mm、幅3mm、角形真空チェンバー中に対向して設置されている。ディフレクターパルサーからプレートへの入力真空対応のフィールドスルーを介して真空中に設置しているそれぞれのプレートに極性が反対のパルス電圧及びバイアス電圧がパルス電源から供給される。プレートの出力側には真空対応のフィールドスルー出力にバイアスカット付きのターミネーターで50Ω終端している。試験はディフレクターパルサーの単体の性能を調べ、従来からのパルサーに置き換え、新パルサーを設置し、ディフレクターパルサートリガのタイミングをビームのタイミングに合わせるように調整を行なった。ディフレクターパルス電圧であるのビームゲートのパルス幅のほぼ中間に合わせる調整をした。電子ビームのゲート幅に相当するパルサーのパルス幅は、1.5ns, 5ns, 10ns の遅延線を用い、設定できる。ビーム試験には5nsを用いた。

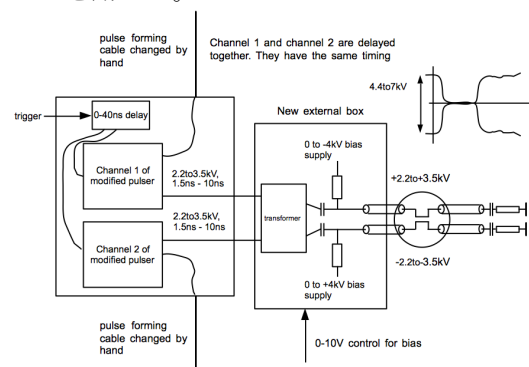


Figure 1: New deflector pulser system.

Figure 2 は代表として 10ns のゲート幅の両プレートに加えるパルス電圧波形を示す。外部電圧で ch2 のパルス電圧の遅延ができ、ゲート時間の合わせ込みができるようにした。

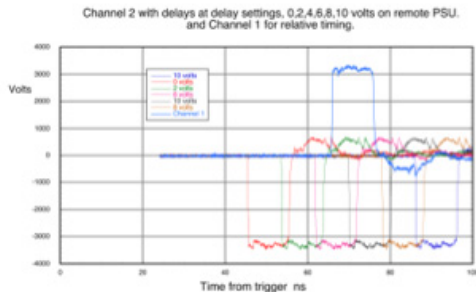


Figure 2: Waveform of deflector pulser.

ディフレクターパルス電圧とビームとのタイミング合わせを Figure3 の scm-buncher 波形のような 40ns ビームで試験を行なった。ディフレクターのゲートパルス幅を 5ns, パルス電圧 2.5kV、バイアス電圧 4.2kV にした。パルス電圧がバイアス電圧に比べ低いのはディフレクターパルス電圧をビーム進行方向の下流のフィードスルーから入力し、上流側のフィードスルーコネクタを通じてマッチングのダミーロードに接続したので、電磁場によるキックを受けるためである。ディフレクターパルサーとビームとのタイミングを合わせ、40ns ビームによるディフレクターパルサーの性能評価を行なった。

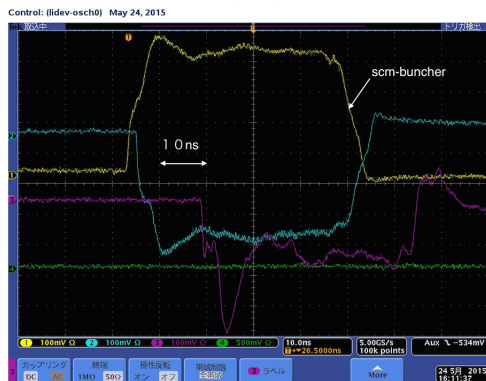


Figure 3: 40ns beam waveform without deflector.

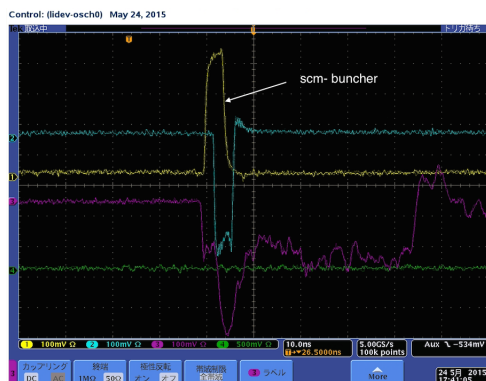


Figure 4: 5ns beam waveform with deflector.

パルス幅の計測では Figure3 の電子銃からの 40ns 幅のビームがディフレクター通過後のビームのパルス幅が、Figure4 のように、ディフレクターのゲート幅の 5ns にビーム幅が加工できた。また Figure5, Figure6 には 40ns ビームをディフレクターオン及びオフ時のプロファイルを示す。ほとんどプロファイルの大きさに変化は生じていないが、ディフレクター通過後に幾分ハローが増えているように観察された。この原因調査は行なっていないが、パルス電圧の平坦ではない電圧部を幾分キックされたビームも通過してきているのではないかと考えている。ディフレクタープレートの下流 115mm のところにあるアイリスは $\phi 10\text{mm}$ で、計算ではディフレクターによるキック量が約 20mm になっている。現在は、ディフレクターパルサーを駆動しているトリガ系にドリフトがある問題が分かり、ディフレクターパルス電圧の幅であるゲート幅を 5ns から 10ns に広げて利用運転に使用している。

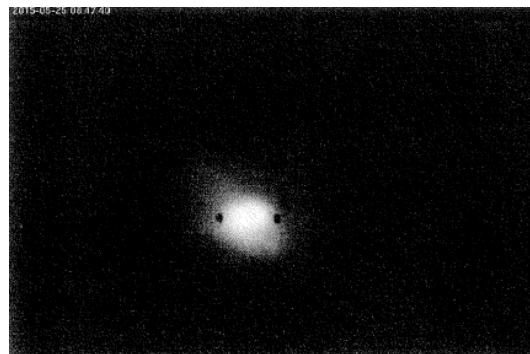


Figure 5: 40ns beam profile without deflector.

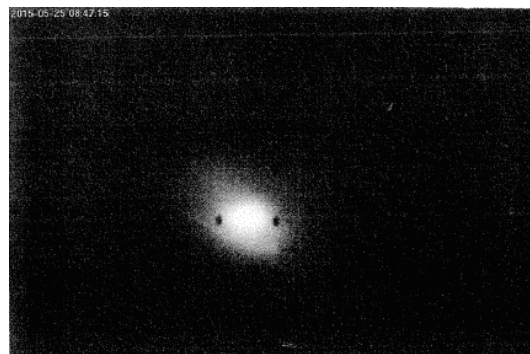


Figure 6: 5ns beam profile with deflector.

3. モジュレータの安定化

3.1 パルス電圧の長期ドリフトの改善

2014年1月にモジュレータのサイクロンヒータ・リザーバ交流電源を改造して直流化した[2]。サイクロンのリザーバ電源変動による急激なドリフトが観測されなくなった。この改造時にトリガ励振器とキープアライブ電源の交流が全く安定化されていないことに気がついた。この電源系統の変動で、

ドリフト/ジッターが生じている事が当然考えられる。この対応として、ヒータ・リザーバ電源直流化時にCVTトランスが各号機に1台ずつできたので、このトランスを2014年8月にトリガ励振器とキープアライブ電源を含んだ系に組み込んだ。

2013年10月と2014年10月のクライストロンマイクロ波出力の変動をそれぞれ Figure7、Figure8 に示す。また同じ時のジッター/ドリフトの安定度の変化をそれぞれ Figure9、Figure10 に示す。あきらかに昨年の夏期停止中のCVTトランスを用いた電源安定化により、クライストロン rf power の電圧出力が改善し、さらにジッター/ドリフトも減り、全ての号機の電源安定できた。また、Figure10 のように安定な jitter/drift データであるが、M14 号機の jitter/drift を示す橙色ラインの赤丸内で変動が生じ、ある時間を経て元に戻っていた。調べるとM14号機クライストロンのヒータ電流が、同時刻から変動しており、約4時間後に同じように戻っていた。クライストロンのヒータの安定化のために、現在クライストロンヒータ電源を高安定交流安定化電源に置き換える試験も行う予定である。

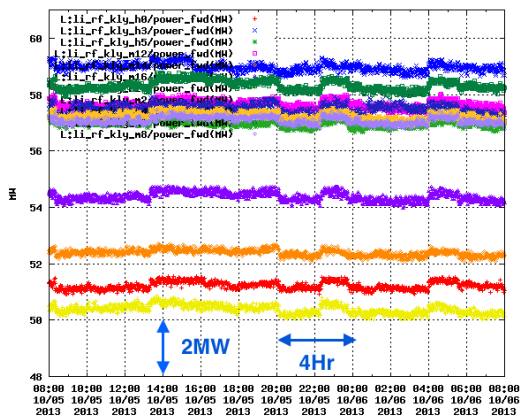


Figure 7: Time-dependence of rf power(2013.10.05-06).

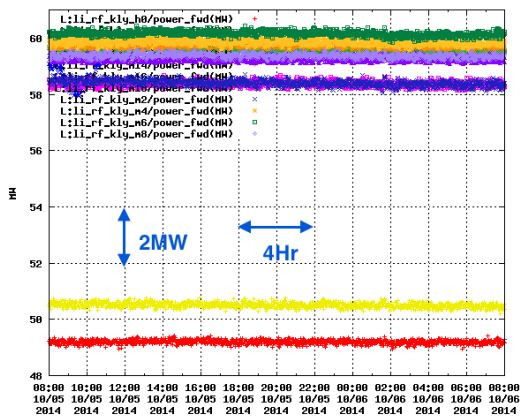


Figure 8: Time-dependence of rf power(2014.10.05-06).

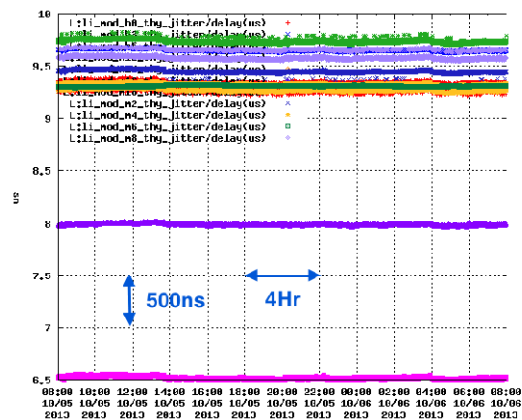


Figure 9: Time-dependence of jitter/drift(2013.10.05-06).

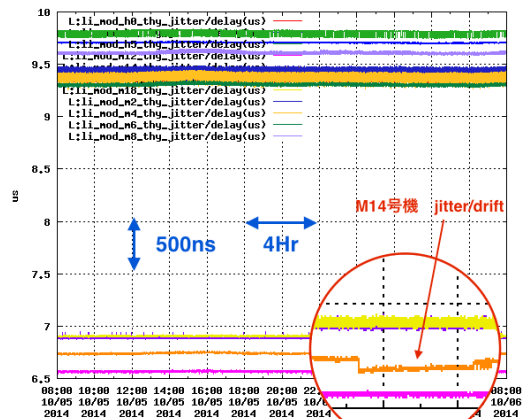


Figure10: Time-dependence of jitter/drift(2014.10.05-06).

4. まとめ

昨年の学会後に行った改良及び得られたデータから纏めると、以下のような点が改善された点である。

4.1 電子銃暗電流対策

- 新型電子銃の開発を行っているが、まだ良好な結果は得られていない。
- 新ディフレクターパルサーによる暗電流除去開始。安定な動作で、電子銃からのダーク電流が除去できている。

4.2 モジュレータ安定化対策

- サイラトロンヒータ/リザーバ電源直流電源化でヒータ/リザーバ電源の急な変動が無くなり、安定した。
- サイラトロントリガ励振器及びキープアライブ、バイアス電源の交流電源が安定化されていなかった。新ヒータ/リザーバ電源化で予備と

なった CVT トランスを交流電源に使用できるように配線替えすると、パルス電圧のジッター／ドリフトが減少し、rf power も安定した。

また、モジュレータ電源のパルス電圧安定度が良くなり、長期安定度も改善している。もう一つ懸念材料であるクライストロンヒータ電源の更なる安定化を行いたいと考えている。

参考文献

- [1] T.Kobayashi, et al., “DEVELOPMENT OF THE BEAM DEFLECTOR”, Proceedings of the 25th Linear Accelerator Meeting in Japan, Himeji, July. 12-14, 2000.
- [2] T.Kobayashi, et al., “IMPROVEMENT OF KLYSTRON MODULATOR AT THE SPRING-8 1GEV LINAC”, Proceedings of the 11th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Apmori, Aug. 9-11, 2014.