

STATUS OF THE SPring-8 LINAC

S. Suzuki[#], T. Asaka, H. Dewa, T. Kobayashi, T. Magome, A. Mizuno,
T. Taniuchi, H. Tomizawa, K. Yanagida and H. Hanaki
Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI/Spring-8)
Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo, 679-5198

Abstract

In FY2007, the total operation time of SPring-8 injector linac was 5940 hours. The total downtime was 0.46% (The frequency of fault was 0.66 times per day) and as the stable as the last few years. To reduce total downtime, the backup electron gun was installed in the injector of linac as the back-up system of the main gun. For the low current measurement, a voltage integral circuit to integrate current wave form has been developed. For this future plan, we are preparing ultra-short bunch injection to a quasi-isochronous ring NewSUBARU for the multi-turn circulation with femtosecond bunch. Therefore, the laser pulse shaping system of RF-gun was partially replaced with UV- birefringence crystal rods to make its operation simpler and stable with fixed parameters of laser pulse macro structure.

SPring-8 線型加速器の現状

1. はじめに

SPring-8線型加速器の運転開始 (H8.8.8) より12年が経過しようとしているが、高安定化、高信頼化をテーマに改造を続けてきている。機器の故障等については色々あったが、いずれも迅速な回復手段がとられ、蓄積リングの利用運転停止には直結せず、Top-up運転の中断も最小限ですんだ。

2004年5月からは蓄積リングのTop-up運転が、2004年9月には、SPring-8とNewSUBARUの両方同時のTop-up運転が始まり、現在も継続されている。

Top-up運転のビーム入射間隔は、2007年の11月よりインターバル優先モードから電流値優先モードへの移行を行い、SPring-8では1分間隔または5分間隔であったものから、電流値を一定にするような任意の間隔となり、約20秒~5分に1回となっている。このときの蓄積リングの蓄積電流の安定度は0.1%から0.03%となった。NewSUBARUでは蓄積電流によるが、7秒に一度の入射を行っている。そのときのビームエネルギーの安定度は、0.01%であった。NewSUBARUでの1.5 GeV運転は現在日中のみ行われており、必要に応じて、1日1、2回の入射を行っている。

このように頻繁に入射を行うTop-up運転中は、機器のフォールトやビーム調整によるビーム入射の中断を最小限にせねばならず、線型加速器には高度の安定度と信頼性が求められる。SPring-8線型加速器では、1998年よりビーム安定化のための改良およびフィードバック制御導入を進めてきており、2004年度末までにほぼその作業を終えた。また、信頼性向上についても、変調器をはじめ、各機器の改良を続けており、スタンバイ変調器、ブースター切り替え装置等に加え、電子銃の二重化を行い、かなりのトラブルに早急な対応が出来るようになった。高信頼化については、今年に第2電子銃からのエミッションをシンクロトロンへ入射できたことにより一通り

のめどがついたといえる。

今のところ、電子銃が二重化されているのみで、従来の電子銃にトラブルが発生したときに、電源、グリッドパルサーなどをつなぎ変えるシステムであるが、来年度以降に電源や高圧ステージを準備し、トラブル時の即時の切り替えが可能となる予定である。

RF電子銃試験装置では、水平と垂直のエミッタンスの不整合が、問題となっていたが、レーザー導入ミラーの問題であることがほぼ判明したので、対策を施したミラーの検討を行っている。また、RF電子銃からのビームをSPring-8線型加速器本体に入射し、加速することも計画している。

2. 運転状況

シンクロトロンとNewSUBARUに入射するビームの種類を表1に示す。両蓄積リング同時トップアップ運転の際、入射経路切換における加速器パラメータの変更を最小限にするため、トップアップ入射専用の共通1 nsビームを用意している。ただしNewSUBARU入射時は、入射路途中のスリットでビーム電流を約1/3に削減する。

表1：線型加速器のビームパラメータ (ECS動作)

	Synchrotron		Top-up
Pulse Width	1 ns	40 ns	1 ns
Repetition	1 pps	1 pps	1 pps
Pulse Charge	1.7 nC	2.8 nC	0.66 nC
dE/E (FWHM)	0.45%	0.55%	0.32%
Energy Stability (rms)	0.02%	-	0.01%

2007年における線型加速器総運転時間は、約5940時間であった。2008年6月までの線型加速器の総運転時間は約55783時間となっている。図1上に2007年~2008年3月までのサイクル毎のインターロックフ

ォールト統計を示す。後半のサイクルでも約1回/日を超えるフォールトが見られるが、これは、入射要請のトリガーに対して、ビームが出射されなかった事象が起こっており、今も原因を調査中である。この事象は単発で生じるもので、Top-up運転に対する影響は小さい。

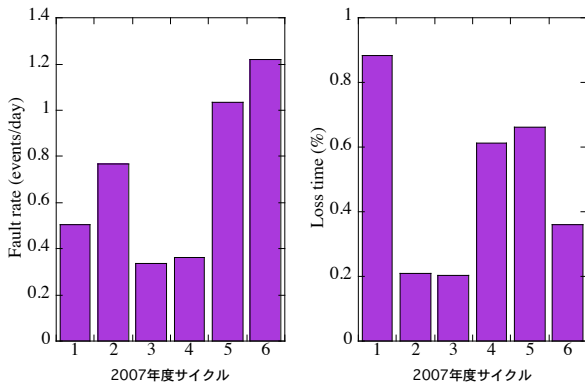


図1：インターロックフォールトのサイクル別頻度

Top-up入射が線型加速器のフォールトにより中断された「ダウンタイム」の比率については、第1サイクルに、待機号機との交換作業が1回あり、作業に少々時間がかかったため、第1サイクルの総運転時間が短かったことも合わせ、0.84%と多めになっているが、ここ数年、平均すると0.5%以下のダウンタイムで推移している。

3. 電子銃

3.1 第2電子銃エミッション試験

2007年夏に図2、図3にあるように既存の電子銃を約1.4m後方に下げ、その部分に第2電子銃からの電子ビームを90度方向から入射するように変更した。ことは昨年報告したが、そのエミッション試験を2007年度の冬期停止期間、中間期停止期間に行った^[1]。

冬期停止期間の試験では、カソード表面上の問題からか、エミッションを確認することが出来なかった。春期停止期間にカソードの交換を行った結果、中間期停止後の試験においてビームを確認することが出来た。第2電子銃からのビームのシンクロトンへのビーム輸送も問題なくできることも確認できた。

現在はカソード部分をインストールしただけであり、トラブル時は現有電子銃電源及び高圧デッキを切り替えて使うことになるが、来年度以降に専用の電源や高圧デッキを製作することにより、完全な二重化を行う予定である。

3.2 電子銃電源のトラブル

2008年の第1サイクルには、サイラトロンの寿命によりミスファイヤーが頻発したため、サイラトロ

ンの交換を行った。また、ほとんど同時期に電子銃電源のPFNコンデンサーがパンクし、油漏れが発生したため、予備コンデンサーとの交換を行った。両トラブルとも3時間程度のTop-up運転の中断となったが、この間に蓄積電流が6%ほど減少した。更なる運転中断の低減のために、電子銃電源の二重化も至急行わなければならないと思わせる事象であった。

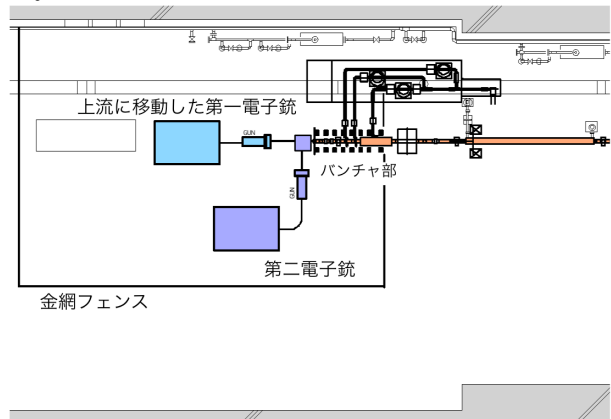


図2：第2電子銃の配置

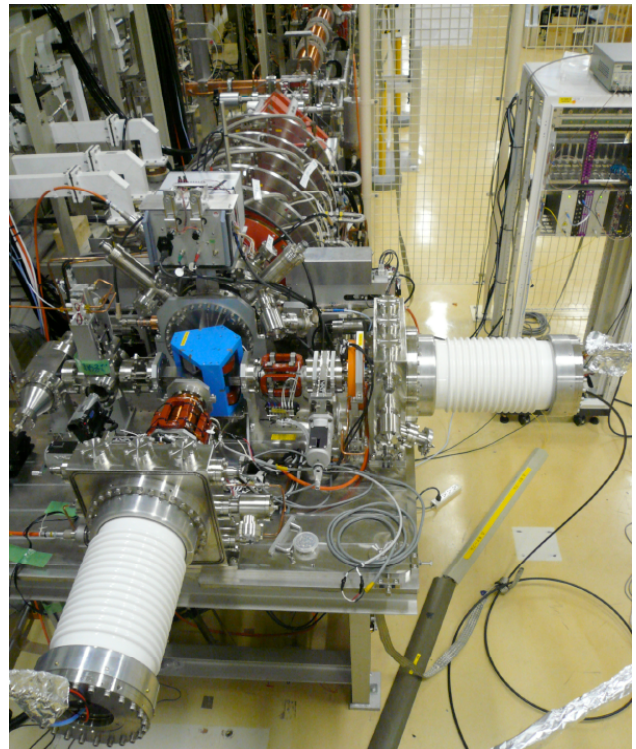


図3 改造後の電子銃

4. ブースタクライストロンの切替

SPring-8線型加速器では13台あるクライストロンのうち最初のH0と呼ばれるクライストロンは、そのパワーを分岐し他のクライストロンへ供給するブースタクライストロンとしても使用されている。そのため、このクライストロンは他のクライストロン

に比べ重要な役割を担っている。このクライストロンのトラブル時に早急に対応する必要から、隣のH1クライストロンをH0の代用とすることができるように2006年に図4に示すような大電力RFの切替スイッチを導入した^[2]。

H0クライストロンは運転開始時より使用していたクライストロンで、運転時間は6万時間を超えていた。2008年の第3サイクルにおいて、H0クライストロンにおいて管内放電が数日に1回発生し、その復旧に2, 3時間かかることも起こるようになってきたため、切替スイッチを利用してH1クライストロンをブースタークライストロンとして使用した。

各部のインターロックについては、仮配線の部分が多くデータベース場の信号名称などに問題があり、今後の問題を残したものの、RFのシステムは問題なく動いた。H1クライストロンを使用している運転中に、H0クライストロンの交換、エージングを行い約1ヶ月後には立ち上げることが出来た。

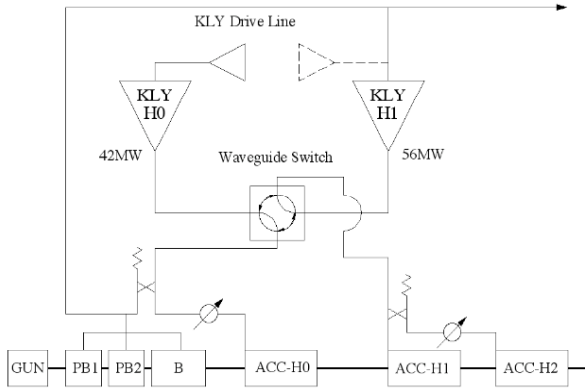


図4：大電力RFスイッチを使用した切替回路

5. 電圧積分回路の開発

Top-up運転を行う入射器では、蓄積電流の変動の抑制のために、微小電流での入射を行うことが要求される。現在の電荷積算計では、ノイズが多く、微小電流で高精度な電荷測定という更なる要求に応えることが難しくなってくる。そのためにより高精度な電流積分回路の開発を行った^[3]。

ゲート回路のスイッチにGaAsFETを用いてリーク電流を減らすことにより低ノイズ化を達成した。現在使用中のものに比べ、1桁以上ノイズレベルを下げる事が出来た。

6. RF電子銃の開発

我々の今までの開発において、水平と垂直のエミッタンスの不整合があったが、電子ビーム直近に置かれた直入射ミラーの位置に問題があり、電子ビームへの影響を及ぼしていることが判明した^[4]。その対策として、チャージアップを防ぐようなコーティングを施した穴あきミラーによりレーザーを入射するように改造中である。又、このミラーにより、Z偏光のレーザーを入射し、QEを上げる実験も行う予定である^[5]。

ドライブレザーの空間方向分布については、すでに可変形ミラーによる整形システムを完成させた。時間方向分布についても、以前の機械型パルススタック方式に代わり、図5に示すような複屈折結晶ロッド型を開発し、成形を非常に容易にし、時間方向成形の精度も上げることに成功した。このように開発された手法はRF電子銃の光電子発生用としてだけでなく、バンチ長計測など各種モニターなどに用いることも計画している^[6]。

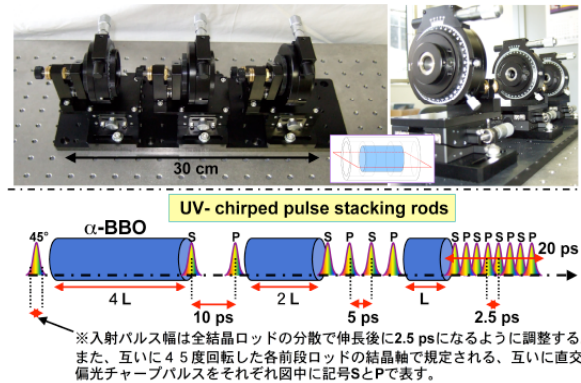


図5 複屈折結晶ロッド型パルススタッカーの写真と概念図

今後の予定として、このRF電子銃試験装置のビームを線型加速器の途中から入射することを計画している。RF電子銃からの高品質エミッタンスビームをプローブとして、線型加速器の性質を調べるスタディなどの他、NewSUBARUへ入射し、短バンチ周回スタディなどに用いる予定である。

参考文献

- [1] 小林利明, その他, “SPRING-8線型加速器の電子銃2重化システム”, 本学会論文集.
- [2] 谷内努, その他, “導波管切替器を用いた大電力RF系バックアップ・システム”, 2006第3回加速器学会.
- [3] 柳田謙一, その他, “ビーム電荷測定用電圧積分回路”, 本学会論文集.
- [4] 水野明彦, その他, “フォトカソードRF電子銃における水平垂直エミッタンス非対称性の原因究明”, 本学会論文集.
- [5] 富澤宏光, その他, “Z偏光レーザー高電界を利用した超コンパクト・マルチバンチ・フォトカソード電子銃の可能性”, 2007年第4回加速器学会.
- [6] H. Tomizawa, T. Asaka, H. Dewa, T. Kobayashi, A. Mizuno, S. Suzuki, T. Taniuchi, K. Yanagida, H. Hanaki, and F. Matsui, “Adaptive 3-D UV-laser pulse shaping system to minimize emittance for photocathode RF gun”, Proceedings of the 29th International Free Electron Laser Conference, Novosibirsk, Russia, 26-31 August 2007, (2007) pp. 298-305.