

IMPROVEMENT OF GUN AND KLYSTRON MODULATOR OF SPRING-8 LINAC

Toshiaki Kobayashi¹⁾, Shinji Nagasawa²⁾, Takamitsu Katsube²⁾, Hideyuki Hirayama²⁾, Shoji Matono²⁾, Takeshi Watanabe²⁾, Hirohumi Hanaki¹⁾

¹⁾JASRI/SPring-8, ²⁾SPring-8 Service Co.Ltd(SES)

1-1-1 Kouto, Sayo-Gun, Hyogo Japan 679-5198

Abstract

In 2005, we encountered the accidents of electron burst ejection from a gun cathode following a regular beam pulse. A complete investigation of the troubled cathode using a 3D microscope revealed projections on the cathode surface that might caused the electron bursts. A twin electron gun system is now in construction to eliminate long-time interruption of the beam injections caused by electron gun's accidents. The reliability of the klystron modulator has been enhanced as follows: A new thyatron stand has been developed to reduce noise problems and to ease the maintenance of thyatrons. New signal monitor circuits have been installed to improve the voltage regulation of the modulators and to enhance accuracy of the data acquired in the database. We have recently achieved the linac fault rate of 0.25 events per day as the averaged rate through an operation cycle of about 70 days.

SPring-8線型加速器における電子銃及びクライストロンモジュレータの改良

1. はじめに

SPring-8線型加速器では、運転時の蓄積リングの蓄積電流安定性向上のため線型加速器の機器によるfaultを出来るだけ低減するよう求められている。2005年9月にバイアス電圧で電子銃のエミッション電流制御ができなくなる現象が起きた。調査の期間を経て10月からの利用運転時には常時beam deflector [1] を稼働させ、異常エミッション電流発生(最大幅約2us)した時でも1ns幅のビームしか加速されないようにした。Deflectorの稼働により、その後の異常電流発生時でも電子銃直後にある壁電流モニタで異常電流放出は計測されなかった。現在は電子銃カソードも交換しており、そのような事象はないが、beam deflectorを稼働とスリットの調整を担保として運転を行っている。異常エミッション電流の発生した電子銃は12月に取り外し、この電子銃のカソード-グリッド部をレーザー変位計によるグリッド-カソード間距離の計測やマイクロスコブによるカソードの観察を行っている。

さらに線型加速器では、運転時の電子銃故障による入射中断を無くすべく、電子銃と電子銃電源及びパルストランスタンクを含む高圧デッキの予備システムを製作する電子銃2重化を進めている。この夏の停止期間に後述で述べているように予備の電子銃を含むトランスポートシステムを組み込む予定である。

80MWクライストロンモジュレータ関係では、サイラトロン部のアースの改善、強化、全サイラトロンバイアス電圧の印加、サイラトロンリザーバ電圧最適調整などのより、高圧ノイズ等が大幅に減少させる事が

できた。またモジュレータのパルス電圧を計測している回路が適切な回路設計をしていないために、パルス電圧の安定度等が非常に悪く計測されていた。新しい回路の開発で、運転時の線型加速器のfault回数はかなり低下し、高安定な電子ビームをSPring-8蓄積リングと兵庫県立大のNew-SUBARUリングにtop-up運転で供給できている。

2. 電子銃異常エミッション電流の原因

電子銃グリッドパルスで1nsのグリッドパルスを出力しているのに、半値幅で約400nsのエミッション電流が出射された時の壁電流モニタ波形が図1の下側の波形である。上側の波形は、下流にあるプレバンチャー部の波形である。グリッドパルスで出力された波形は矢印の1nsビームと記述してあるところのみであり、その後ろから盛り上がったような電流波形が続き、ビーム加速されていた。この電荷量は1GeVシケイン部で最大9.7nCであった。しかし異常時でも電子銃カソード関連回路系には問題は見られなかった。

その後この電子銃の異常電流放出の原因を調査すべく、レーザー変位計でグリッド-カソード間の観測を行って見た。グリッド-カソード間の距離を認識でき最大面積をスキャンできるようにして注意深く観測を行っている、図2のようにカソード面の一部に異物が付着しているように見える箇所があった。そこでその電子銃のグリッドを取り除いて、レーザー変位計で観察したのが図2のポップアップ画であり、確実に異物らしきものがある。そこでさらに3次元表示が可能なマイクロスコブで計測すると、その付着物と思わ

れたものは高さ $100\mu\text{m}$ のこぶであった。このこぶとグリッド間は約 $40\mu\text{m}$ しかなく、放電する可能性がある電界になっている。今後はレーザー変位計とマイクロスコブを組み合わせて、電子銃カソードの良否を判定して、このような不良品を装着しないように努力する。それでもグリッドに隠れたカソード面の異常は見つけるのが困難である。試験的にカソードグリッド間に電圧 200V を10分間加えて、電流が流れなければ健全性が確認できたとして取り付けることを考えている。

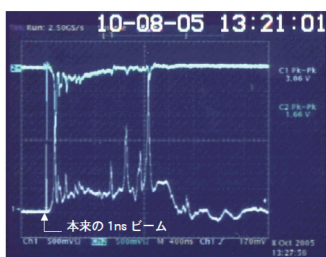
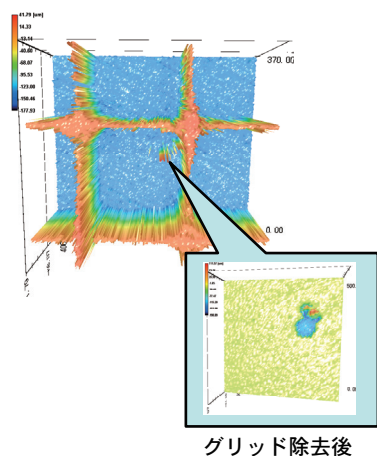


図1: 電子銃からの異常エミッション電流上はプレバンチャー後のエミッション電流波形。下は電子銃直後のエミッション電流波形



グリッド除去後

図2: レーザー変位計による電子銃計測 (グリッドは取り除いている)

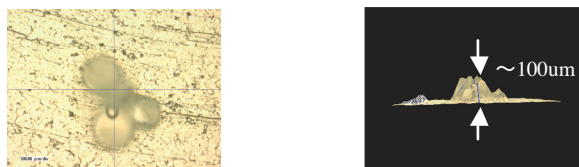


図3: 3次元マイクロスコブによるカソード表面立体画像 (グリッドは取り除いている)

3. 電子銃二重化

電子銃カソードの交換に対しては、真殿 [2] らとカソード交換治具の設計・製作を行い、現在の電子銃交換に要する時間は、以前は2時間かかったものが約30

分で行えるまでになった。しかしこれは電子銃交換する時間で、一度電子銃部を大気解放すると、運転再開するまでに3日間ほど時間を要す。そこで図4のような電子銃の予備のシステムに切り替える電子銃2重化のシステムを夏期停止期間に図5の箇所に挿入する。実機のビームラインへ90度バンドを用いて、予備の電子銃から入射できるようにする。現在この真空チャンバーの設置工事中である。構成は電子銃2本の他に、ソレノイドコイル×2、手動ゲートバルブ×2、ステアコイル×2、90度バンド×1である。

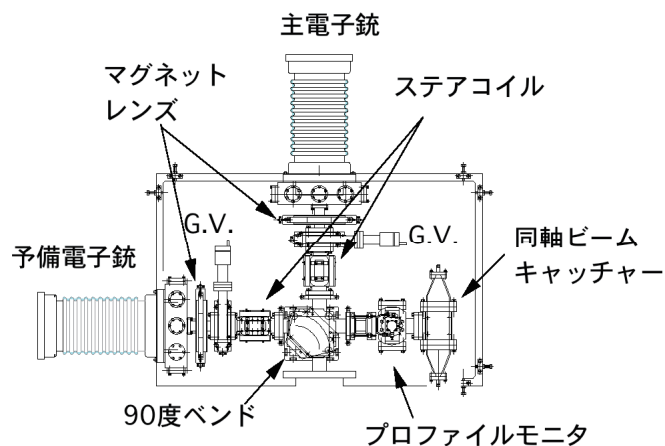


図4: SPring-8電子銃二重化計画

電子銃は現在予備として持っているものを使用する。また電子銃モジュレータとそのパルストランスタックは未整備だが、タンクを今年度中に製作することになっている。また電子銃モジュレータは、部品を順次購入して製作して行く。これに使用する直流電源は予備のインバータ電源を用いる予定である。このシステムの完成は2008年冬を目指している。

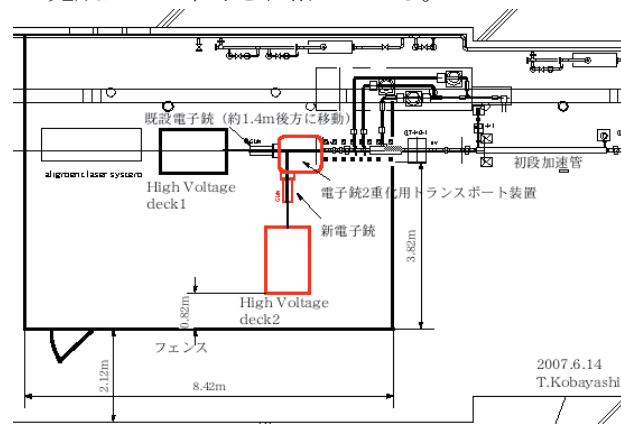


図5: 2重化後の電子銃モジュレータの配置予定図

4. 80MWクライストロンモジュレータの改良

4-1. 新サイラトロンスタンドの製作

今までのサイラトロンスタンドでの問題は、サイラトロンスタンドと筐体内部のアースとの接触不良であった。この接触を強化し、またサイラトロン回りの分圧抵抗をチムニー型からオープン型にしてサイラトロンの脱着によるメンテナンスが容易になるように改造した。また、サイラトロンの冷却は旧型ではサイラトロンスタンドの下部に設置した大型ファンでサイラトロンを冷却したが、新規のものは横から、長寿命ファンで冷却する方式にした。これによりサイラトロン下部の配線で筐体アースとの絶縁距離不足から生じたと考えられる故障もなくなる。さらにサイラトロン下部の配線のスペースを確保するためあまり役に立たないモニタなどは取り除いた。約2500時間稼働させたが、全く故障はなかった。

4-2. 高安定HV-fanout回路の製作

今までのHV-fanout回路は、増幅器のオペアンプに長時間ドリフトの少ないものを使用していなかった。今回はM10号機のHV-fanout回路用NIM背面コネクタが壊れていてモニタが全く出来なくなった事もあり、新しいタイプのコネクタへの置き換えを含めたHV-fanout回路の設計、製作を行った。試験的に1台分の回路を設計・製作した結果、図6のように室温の温度変化に対しても高安定の回路が製作でき、回路の新規開発により、1台のみの試験結果ではあるが0.3%以下の電圧安定度が長時間に渡って得られるようになった。今後順次製作して交換していく予定である。

4-3. クライストロン管内真空計測

クライストロン管内真空は、現在まで現場でしか管内真空度の目安となるイオンポンプ電流値の計測が出来なかった。そこで、その電流値をdata baseで常時監視できるようにした。これにより、真空値が悪いのに、パルス高電圧を印加されてしまい、極端な真空悪化をきたす事は無くなった。このデータを制御室にてdata baseから読めるようになって以来、Top-up運転時にクライストロン関連が疑われるfault (例えばIDC, Ipulse) 発生しても、クライストロン管内状況判断が行えるようになり、的確なエージングができるようになってきている。

4-4. 今までのモジュレータ改良によるTOP-UP運転時のfault回数の改善

図7はM10モジュレータ改良前後のモジュレータ

fault回数の変化である。運転時のfaultは、faultが多く発生していたM10モジュレータは改良後、fault発生数が格段に下がっている。ただし07年第二サイクルのfault率が高いのは、H0部のインターロックユニットの不良によるものである。今までの改造で当所の目標であった電子銃モジュレータを含む全モジュレータの平均で0.25回/日以下となった。今後は、モジュレータの主要なfaultの一つである真空系faultの原因の精査と対策を行い、さらに運転時のfault回数を減らす対応を行う予定である。

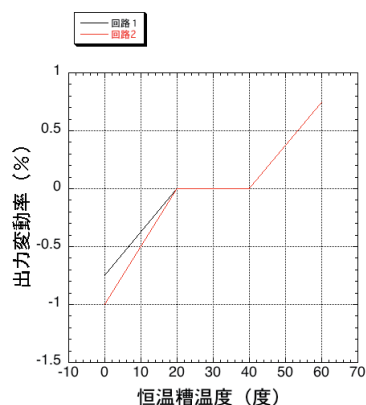


図6：HV-fanout回路のVpulseに対する温度特性

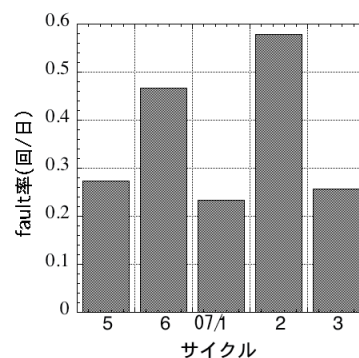


図7：最近のサイクル別全モジュレータのfault回数の推移 (利用運転時)

謝辞

カソードの表面観察では、大石氏、正木氏、高野氏に大変お世話になりました。

参考文献

- [1] T.Kobayashi, et al., "T. Kobayashi, T. Asaka, H. Hanaki, M. Shoji, S. Suzuki, K. Tamura, "Dark Current Reduction System for SPring-8 Linac", Proc. of EPAC 2004., Lucerne, Switzerland, 1324 (2004)
- [2] S.Matono et al, "Improvement of cathode attachment system for electron gun of SPring-8 LINAC", in these proceedings..