

RF PROCESSING OF AN S-BAND HIGH GRADIENT ACCELERATOR UNIT

S. MORITA

A T C Co.,Ltd.

36-7, Namiki-cho, Hachioji-shi, Tokyo, 193, Japan

ABSTRACT

A 3m-long S-band accelerating structure is used in 1.54 GeV Linac of Accelerator Test Facility. The accelerating structure should be processed up to 200 MW which produce 52 MV/m accelerating gradient. The process of RF processing is described.

S-band 高電界加速管のRFプロセッシング

はじめに

Japan Linear Collider (JLC)の為の、試験加速器施設 Accelerator Test Facility (ATF)[1]において、1.54 GeV ダンピングリングの入射器として、S-band 電子ライナックの建設が文部省高エネルギー物理学研究所で進行中である。

このリニアックのレギュラーユニットは3m長加速管2本で構成される。加速管は1本あたりピーク電力200 MWを入力し、52 MV/mの加速勾配で運転する予定である[2]。現在1995年度に1.54 GeV ビーム加速運転開始を目標とし、リニアック

建設と平行して加速管及びコンポーネントのRFプロセッシングをユニット毎に行っている。

本試験加速器では新たに開発したコンポーネント試験の為、真空排気作業や加速管及びRFコンポーネントのプロセッシングが頻繁に行われるが、これに要する時間はリニアックの運転効率を大きく左右する。

本稿では、ユニットの装置構成、リニアックの2ユニットについて行った高電界加速管のRFプロセッシングの状況及び大気圧開放後の再プロセッシング終了迄の比較結果を報告する。

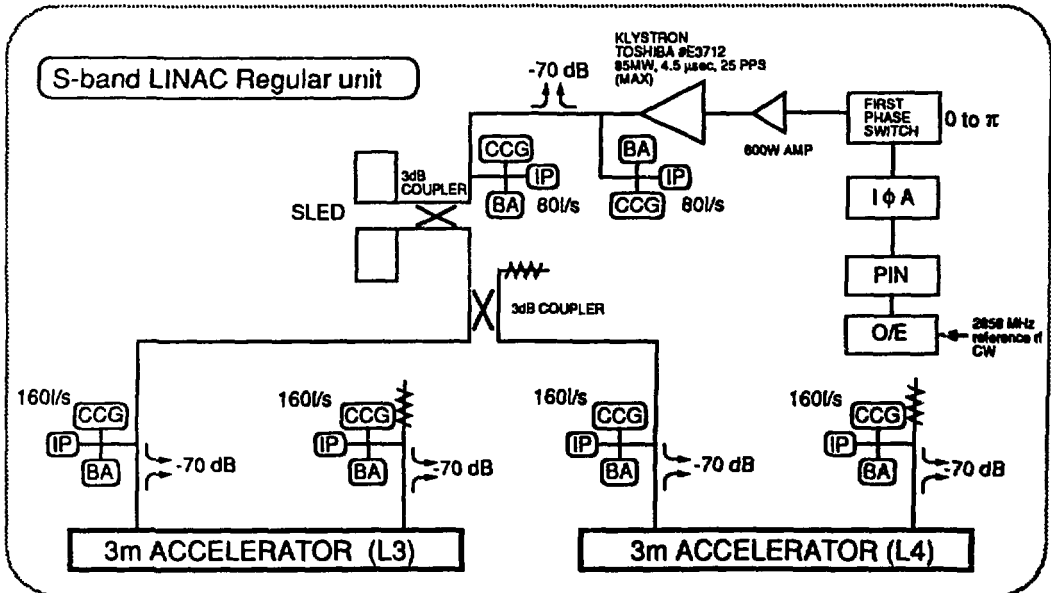


図1 レギュラーユニット加速装置の構成

システムの構成

図1に1ユニットの構成を示す。高周波源には85 MW 出力クライストロン(東芝製 E3712)を使用し、パルス幅は4.5 μ sec、繰り返しは最大25 PPSであるが、本実験では12.5 PPSで運転した。クライストロン入力パルスの立ち上がりから3.5 μ secのタイミングで180度位相反転することにより、パルス圧縮空洞(SLED)出力は最大電力で400 MW、1 μ secとなり、その後3 dB カップラーにより加速管2本へ分けられる。したがって加速管1本へ200 MW入力される事になる。

加速管、導波管及びSLEDの各真空度はコールドカソードゲージ(CCG)でモニターし、設定圧力値(5x10⁻⁵ Pa)以上で変調器トリガーをとめる様になっている。このインターロックは最大繰り返しにおいてもパルスの1周期以内に変調器トリガーを停止するので、高電界運転中での放電により真空度が急激に悪化した場合加速管及びSLED、クライストロン高周波窓などの部品へのダメージを防止する。このCCGコントローラは実装密度を向上する為2チャンネルがNIM規格モジュールの2幅になっており、計算機外部制御が可能である。真空度の絶対値測定にはBAゲージを使用している。

導波管、ゲージポート、接続パイプ等のRF立体回路を構成する部品は真空中へのガス放出量を低減する為に、全て電界研磨処理を行っている。これによりRFプロセッシング前の到達真空度は電界研磨処理しない物と比較して約1桁良くなる事が確認できており、プロセッシングに要する時間の短縮に寄与している。

RFプロセッシング

プロセッシングはクライストロンのRF入力電力を可変する事でRF出力電力を可変して行う。初期段階ではパルス圧縮はせず、クライストロン出力が70 MWまで到達の後、位相反転によるパルス圧縮を行ない最大電力まで順次上げていった。クライストロン出力が10 MW付近でクライストロン出力導波管真空度の悪化が見られたが、ピルボックスタイプ高周波出力窓の観測窓よりアルミナ上の発光が見られたので、アルミナ表面のマルチバクターが原因であることと考えられる[3]。この状態でプロセッシングを維持しておくこと数時間後には目視で確認出来ない程度に発光は弱まり、真空度は回復した。この事よりマルチバクター領域の低電力でアルミナのプロセッシングが不可決である事がわかる。最大電力で長時間運転した後でも長期停止期間をおいた場合には、低電力入力時に窓の発光が見られるので、低電力プロセッシングが必要である。

図2にユニット組み立て後の最初のプロセッシングの様子を、また図3には大気開放後の装置再

立ち上げでの再プロセッシングの様子を示す。最初のプロセッシング時には低電力時にシステムチェック及びSLED空洞のチューニングなどに200時間ほど費やしている為、正味のプロセッシング時間は400時間程度である。プロセッシングは真空トリップをしない様に徐々にRF出力を上げていくが、一たび放電による大きな真空悪化があった後は再び同じRF出力が入るまでは、30~60分程度要する。最初のプロセッシングにはこの様な大きな放電が頻発し、そののりこえに大部分時間を費やすので繰り返しを上げてプロセッシング時間短縮をする事は難しい。一方、最初のプロセッシング終了後の再立ち上げでは、180 MW入力まで28時間に到達するが、これは突発的な大きな放電が少ない為である。いずれの場合もプロセッシング中は10⁻⁵[Pa]台の真空度であり、終了後は徐々に下がっていく。

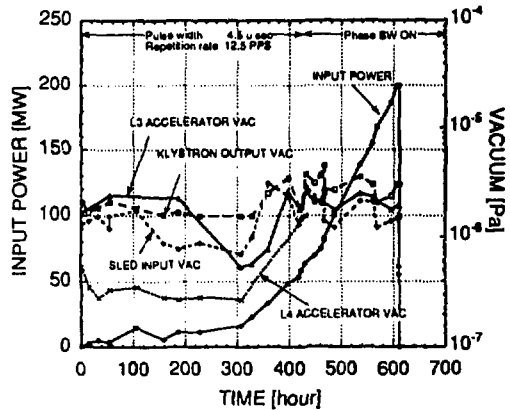


図2 レギュラーユニット組み立て後最初のプロセッシング時間に対する加速管入力電力と真空度の変化

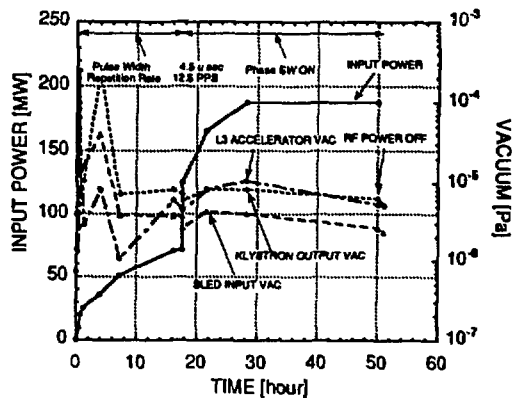


図3 レギュラーユニット再プロセッシング時間に対する加速管入力電力と真空度の変化

図4に200 MW入力時の波形データを示す。クライストロンビーム電圧はCデバイダーの出力を、各RF波形は導波管に取り付けた-70 dBのベータホールカップラーからの信号の検波出力を示した。計算機及びペンレコーダ記録用にはピークパワーメーターのアナログ出力をアイソレーションアンプで中継しモニターしている。

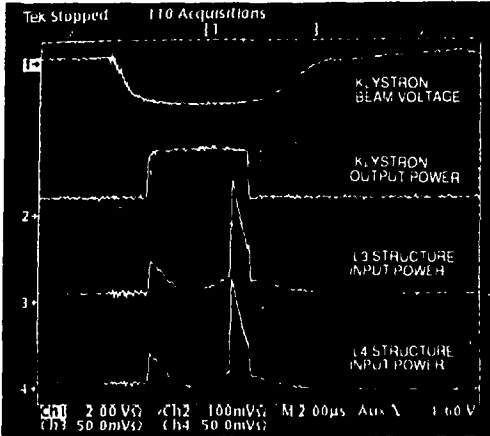


図4 加速管入力電力200MW時の各波形

レギュラーユニットとは別に、リニアック最上流のRFユニットは、1本のクライストロンで加速管1本とバンチャー3台にRF電力を供給しているが、そのRF波形はパルス圧縮を行わず、最大100 MW、1 μ sec幅の矩形パルスである。

このユニットを最大電力の100 MWまでプロセッシングした時の様子を図5に示す。このプロセッシング中に都合により3回大気に開放せざるを得なかったが、その中断からの立ち上げ(20時間程度)も含み総計265時間で100 MWに到達した。中断等を除くと正味190時間程度の所要時間である。真空度は3回の大気開放にもかかわらず

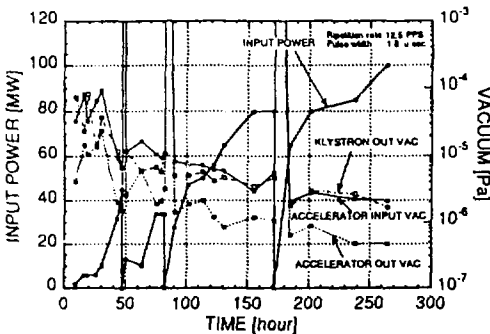


図5 入射部加速管で大気状態から3回繰り返した立ち上げにおけるプロセッシング時間に対する加速管入力電力と真空度の変化

すぐ復帰し、プロセッシングの進行と共に下がっていく傾向にあった。

次に、このユニット内の加速管を交換し、再度加速管のプロセッシングを行った。この時、ユニット内の他のコンポーネントは既にプロセッシング済であるので、この場合、加速管のみのプロセッシングをする事と等価である。その様子を図6に示す。プロセッシング終了後すぐに60 MWでビーム運転の必要があったので、70 MWまでの入力までプロセッシングは中断された。総計120時間で70 MWに到達し、180時間後には問題なく31 MV/mの加速勾配で運転する事が出来た。尚、加速管入力部の真空度が他より悪いのは隣接するバンチャーからの放出ガスによるものである。

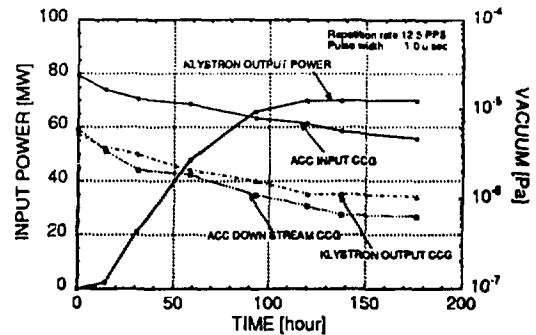


図6 入射部加速管交換後の立ち上げ時間に対する入力電力と真空度の変化

まとめ

S-バンド高電界加速管のパルス圧縮波形で200 MW、矩形パルスで100 MWまでのRFプロセッシングの様子を示した。最初のプロセッシングに要する時間は、パルス圧縮波形で400時間、矩形パルスで190時間であり、大気開放後の再立ち上げは、28時間程度で行う事ができた。

謝辞

KEK JLC R&Dグループの皆様には多大な御指導及び貴重な助言を頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] S.Takeda et al., "1.54 GeV ATF Damping Ring Injector Linear Accelerator", Proc 第18回リニアック研究会
- [2] H.Matsumoto et al., "An S-band 3m-long Accelerating Structure for ATF", Proc 第18回リニアック研究会
- [3] A.Miura et al., "Development of an S-band RF Window for Linear Collider", Proc 第18回リニアック研究会