

STATUS AND IMPROVEMENTS OF THE L-BAND ELECTRON LINAC IN ISIR, OSAKA UNIVERSITY

Ryukou Kato¹, Shigeru Kashiwagi, Tamotsu Yamamoto, Shoji Suemine, Goro Isoyama
 Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University
 8-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka, 567-0047

Abstract

L-band electron linac restarted the joint-use from the latter half of 2004 fiscal year after its large-scale upgrade, and 2005 fiscal year became first full-year use after the upgrade. Various problems of the equipments that were renewed or newly installed are clarified by use for one and a half years, and we are working on a solution to the problems. The timing system that had been newly developed after the upgrade was formally built into the linac control system to simplify the start-up procedure. Moreover, in order to improve the synchronous accuracy of the timing system the synchronous circuit also had been developed with a high-speed GaAs RF switch. On the other hand, the importance of the beam monitor increased by the performance up of the linac, and the emittance measurement system was automated and the wire scanner monitor was newly installed. In addition, SHB (Sub-harmonic buncher) cavities are being developed aiming at the stabilization of single bunch beam and shortening the start-up time.

阪大産研Lバンド電子ライナックの現状と改良

1. はじめに

Lバンド電子ライナックは大規模改修後、平成16年度の後期から共同利用を再開しており、平成17年度は改修工事後初めての通年での運転となった。これまでの1年半に渡る利用により、改修時に更新または新規導入された機器のさまざまな問題点が明らかになり、対応を図っている。

ライナックのより使いやすくするために、昨年度は大規模改修後に新規開発されたタイミングシステムを正式にライナック制御系に組み込んだ。また、そのタイミングシステムも同期精度の更なる向上のために従来市販のNIMモジュールで行っていた同期回路を高速のGaAs-RFスイッチを用いて自作した。他方、ライナックの性能向上により、これまで以上にビームモニターの重要性が増し、エミッタンス測定自動化とワイヤースキャナーモニターの導入が行われた。さらに単バンチビームの安定化と立ち上げ時間の短縮を目指してSHB(サブハーモニックバンチャー)空洞の開発が行われている。

2. ライナックの現在の性能

Lバンド電子ライナックは、熱陰極電子銃(Eimac, YU-156)から取り出された電子ビームが、サブハーモニックバンチャー(SHB)システムと、プリバンチャー、バンチャーを通過した後、3mの主加速管で最大エネルギー40MeVまで加速される(図1)。この電子銃から供給される電子ビームのパルス長とSHBシステムの動作状況に応じて、過渡モード、定常モード、単バンチモード、マルチバンチモードの4種類の運転モードが存在する。SHBシステムは108MHz空洞2台と216MHz空洞1台の計3台の

定在波型RF空洞で構成され、それぞれ独立の真空管RFアンプ(RCA7651 + RCA7214)により励振される。出力は各々20kWで、最大パルス長は100 μ sである。プリバンチャー、バンチャー、主加速管は加速周波数1.3GHzの進行波型で、最大パルス出力30MWのクライストロン(Thales, TV-2022E)システムで発生したマイクロ波がバンチャー・プリバンチャー系(5MW)と主加速管系(25MW)に分割供給される。これに伴い無負荷の加速電圧は最大38MeVから40MeVに増大した。ただし、FEL発振実験用のマルチバンチモードでは、クライストロンシステムの長パルスモード(25MW, 8 μ s)を使用するため、最大エネルギーは37MeVに抑えられる。

3. ライナックの性能向上と問題対策

3.1 クライストロン装置系の改良と問題点

Lバンドライナックの改造に際して、納入時のクライストロンの性能指標として、クライストロン電圧のパルス間の安定度0.1%p-p、フラットトップ8 μ s以上で平坦度0.2%p-pを掲げていた。さらに納入後も平坦度0.1%p-pを目標として試験調整を続け、0.1%p-pで5.5 μ sまでは実現できた。しかし、それ以上目標値に近づけることが困難であったため、モジュレータのPFN回路の改造を行い、当初16段で納入されたPFN段数を20段に拡張した。その結果、平坦度として8 μ sに渡って0.12%p-pという値が実現され、建設当初の目標値がほぼ達成された。

他方クライストロン装置系で最も問題となったのがサイクロトロン短寿命と動作不安定、パルストランスの絶縁破壊であった。納入時に選択されたサイ

¹ E-mail: kato@sanken.osaka-u.ac.jp

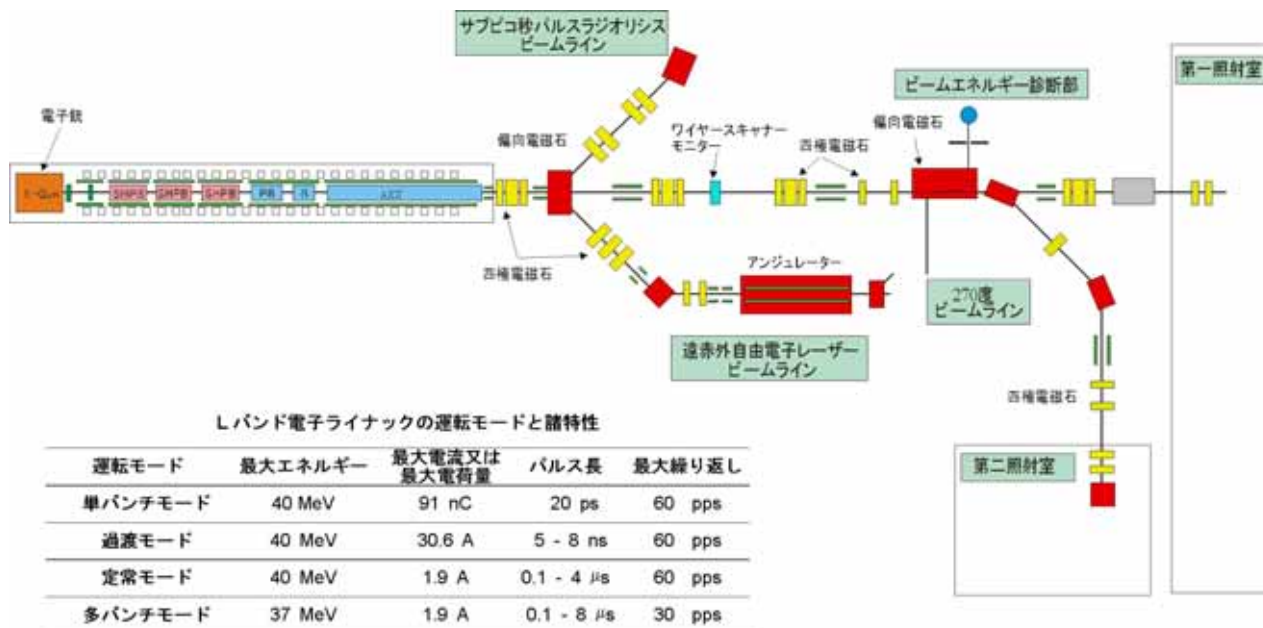


図1:Lバンドライナックの構成と運転モード

ラトロンCX1573C (e2v) は1号機が1年7ヶ月(改造工事時期のため、実働はHV ON時間で約700時間程度)、2号機が11ヶ月、3号機が6ヶ月の寿命であった。調査の結果、この型式はピーク電圧とピーク電流は仕様を満たしているが、平均電流が仕様外であることが判明した。そのため、3月にサイラトロンを、より高い平均電流に耐えられるCX1528に更新した(図2)。しかし、サイラトロン動作が不安定で、1日に数回サイラトロンの導通が切れなくなる回復異常が発生した。6月に詳細な試験を行った結果、インバータ充電電源が原因と判明したが、すぐに改造に入ることが出来ないため、トリガー回路調整に

より充電開始時間を遅らせることで、安定な運転を継続できるように対処した。

また、5月の連休直前にはパルストランスで放電による絶縁破壊が起き、部材調達やトランスの2次巻き線の巻き直し作業で、仮復旧までに3週間を要している。このパルストランスの損傷の写真を図3に示す。放電対策を取った新しいトランスは巻き線の絶縁サポートにボイドレスのFRPを使用することになっており、この更新は夏季停止期間中に行われる予定である。

3.2 制御系・タイミング系の改良

大規模改修後、新規に開発導入されたタイミング



図2:これまで使用されてきたサイラトロンCX1573C(左)と3月から使用されているCX1528(右)



図3:パルストランスの損傷状況。2次巻き線をサポートするFRP板の複数の箇所放電痕が認められ、該当部の2次巻き線にも外側への膨らみ、カーボンの付着が見られた。

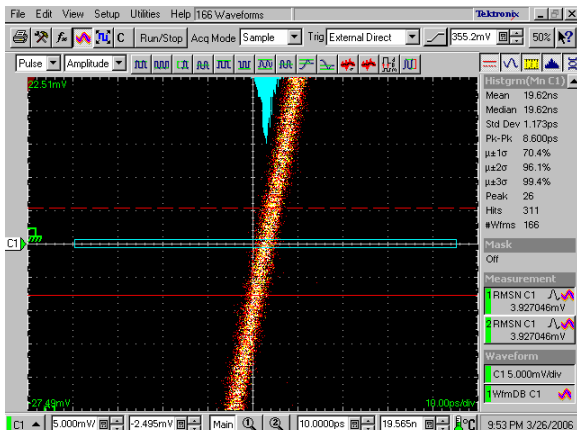


図4：高速のGaAs-RFスイッチを用いた同期回路のジッター。入力信号のジッター =1.03psに対し、RFスイッチの出力は =1.17ps。

システムを、正式に加速器制御システムに組み込んだ。これによりユーザーによって異なるトリガーの遅延設定を運転ファイルの中で一括管理できるようになった。

また、タイミングシステムの同期精度を向上させるために、同期回路の更新を行った。これまで、Phillips社のコインシデンスモジュール (PS-756) を他のNIMモジュールと組み合わせて同期回路を形成し、1300 MHz RFと電子銃のトリガーパルスとの同期精度は約5.8 psであった。今回、高速のGaAs-RFスイッチ (MiniCircuit社 ZASW-2-50DR) を使い27 MHzのクロックパルスからタイミング信号を切出す事で同期精度を約2 ps以下まで向上させる事ができた。このスイッチを用いた同期回路のジッター測定の例を図4に示す。入力信号のジッター =1.03psに対し、RFスイッチの出力は =1.17psであり、この同期回路自身のジッターは =0.55psと見積られる。

3.3 冷却水系の問題対策

マシンタイム中に冷却水装置の温度制御が設定値から外れているのが発見された。原因が制水弁から冷媒ガスの洩れであったため、一時的に冷媒ガスを補充しながら運転し、根本的な対策をとるまでこの制水弁をバイパスする処置が取られた。この制水弁は12月末の作業でより実績のある材質の物に更新された。

3.4 ワイヤースキャナーモニターの導入

これまで、Lバンドライナックでビームサイズを測定する手法としてはアルミナ蛍光版を用いたビームプロファイルモニターしかなかった。今回、KEK-ATFで開発されたワイヤースキャナーをモデルに、より低いエネルギーの電子ビームのサイズを精度よく測定できるワイヤースキャナーモニターの開発を行い、Qスキャン用の四極電磁石とともにビーム輸送系直線部に設置した [1]。この写真を図5に示す。

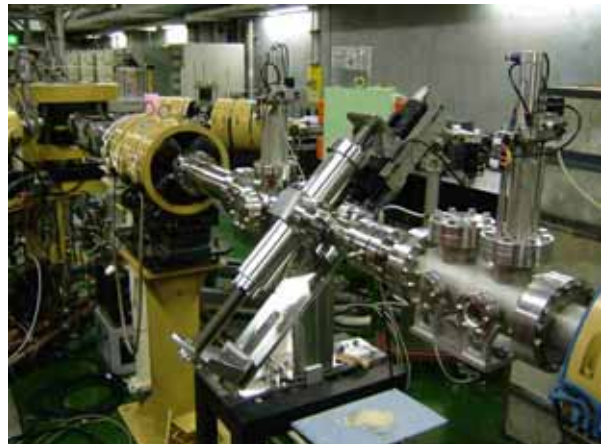


図5：阪大産研Lバンドライナックに設置されたワイヤースキャナーモニターの写真

3.5 SHB空洞開発

通常、SHBシステムを利用しない過渡モードでは、朝の立ち上げからユーザーポートに安定なビームを供給できるまでの時間はほぼ1時間程度となった。他方、SHBシステムを利用する単バンチモードでは、ビームが安定するまでに4時間以上必要である。この主たる原因はSHB空洞が周波数的に安定するまでにかかる時間であり、その要因としてはSHB空洞に用いられている材質とその冷却構造にあると考えられている。この空洞は同軸型のリエントラント構造をしており、表面損失の大きな中心導体から最も離れた空洞の外側にロウ付けされた銅パイプに冷却水を流して廃熱する構造を取っているため、熱平衡に達するまでに時間がかかる。また、材質にはステンレスと銅を爆着したクラッド材が使用されている。そのため、材料の裏表面での熱膨張係数の違いに起因する形状変形が存在し、RFを入力し始めてから一定時間後に大きく周波数の変わる点が存在する。

このような状況を改善するために、新しいSHB空洞の開発に着手した。この空洞開発ではKEKの入射器で使用されているSHB空洞が参考になっている。

謝辞

昨年度行ったワイヤースキャナーモニターの導入と、現在進行しているSHB空洞の開発は、共にKEKの加速器科学総合支援事業の一つである大学等連携支援事業により御支援いただいております。この場を借りて、ご指導ご協力いただいている諸先生方に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 柏木 茂、他、“低エネルギー・大電荷量電子ビーム用ワイヤースキャナーの開発”、本学会発表、TP30。