

21a-5

DEVELOPMENT OF A HIGH ACCELERATING GRADIENT LINAC

K.Emura, K.Tsumori, M.Moriguchi and H.Takada

*Sumitomo Electric Industries Ltd., Harima Research Laboratories
1431-12, Harima Science Garden City, Kamigori, Hyogo, 678-12 Japan*

ABSTRACT

Sumitomo Electric Industries Ltd.,(SEI) has developed a compact linac as both an injector for NIJI-III compact superconducting storage ring and an electron source for free-electron laser (FEL) oscillation. The linac normally produces electrons at 50 MeV with a pulse width of 1 μ s in a 3 m long accelerating tube. A maximum accelerating gradient of 22 MeV/m is reached, which is a significant value in comparison with typical linacs of approximately 10 MeV/m. The 50 MeV linac was installed between August 1993 and October 1993. We successfully achieved the design values of 50 MeV at 100 mA in November 1993. We also intend to obtain electrons at 100 MeV in October 1994 by installation of a second accelerating tube.

高加速勾配小型ライナックの開発

1. はじめに

住友電気工業(株)では、シンクロトロン放射光(SR光)を用いた微細加工技術や光励起プロセス等の研究開発を目的に、小型SR装置を中心に据えた播磨研究所を兵庫県播磨科学公園都市内に開設した。超電導小型SRリング"NIJI-III"への電子入射器であるライナックは、93年8月に建設に着手し同年11月ビーム加速に成功した。装置

外観を図1に示す。現在、定格出力である50MeV、100mAで定常的に稼働している。なお、本年10月には加速管を一本増設し100MeVへ増強するとともに、マイクロパルス電流向上のためSHPBを導入する計画である。本稿では、小型ライナックの装置概要と性能試験結果を中心に報告する。

2. ライナック概要

基本設計方針は次の二点である。

- (1) 小型SRリング(6.4×3.5m)に見合うようライナックを小型化する。そのために高加速勾配化(22MeV/m)を図る。
- (2) ライナックの利用用途をSRリングへの電子入射に限定せず自由電子レーザー(FEL)の研究開発に供する。それぞれの用途に合うようにビームパルス幅が離散的に変なシステムにする。

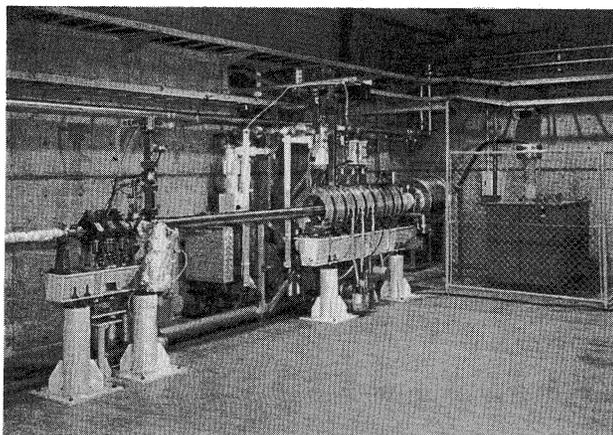


図1. ライナック装置外観

ライナックの主要パラメータを表1に、基本構成を図2に示す。上記方針を満たすためにクライストロンはトムソン社製TH2146を使用した。これはELETTRA（トリエステ）の入射用ライナックに使用されているTH2132と同一仕様で、周波数のみ2998MHzから2856MHzに改造したものである。最大ピーク出力は45MWで、パルス幅（-3dB）は4.5μsと12.5μsの2モードで運転でき、短パルスモードはSR入射用に、長パルスモードはFEL用として供する。図2に示すようにクライストロンと加速管は一対一の関係にあり、特にバンチャー系へパワー分岐をしない後段の加速管（#2）へは最大45MWのパワーを投入する。阪大産研Sバンドライナックと同一仕様の加速管を使用しており、45MW投入時にはゼロ電流で加速管一本当たり61MeVの加速能力を持ち、最大加速勾配は22MeV/mになる。既設の前段の加速管（#1）をエージングしたところ、加速管への最大投入パワーである38MW（クライストロンが最大出力のときバンチャー系へ約7MW分岐する）に至るまで約32時間要した。エージングの過程で機器破壊に至るような大きな放電は観測されなかった。なお、導波管システムの耐電力性を確保するために、真空導波管を採用するとともに、一般的に耐電力性が低いと考えられているRF窓とベロー導波管の無いシステムとした。そのため、加速管と真空導波管の間を真真空的に繋いでおり、また加速管とクライストロン間との位置調整のためクライストロンマウントにネジジャッキを設けるなどの工夫を施している。

一方、ライナックを自由電子レーザーの研究開発に供するには、マクロパルスの長パルス化のみならずビームの高輝度化とビームエネルギーの安定化が必須である。前者に対し、阪大産研との共

表1. 主要パラメータ

Electron gun	cathode voltage emission current normalized emittance	EIMAC Y646B 200 kV - DC 1.5 A 7 π mmmrad
Prebuncher	type input power	standing-wave type 5 kW
Buncher	type input power	traveling-wave type 8 MW
Accelerator	type mode frequency macro-pulse width beam energy macro-pulse current energy spread normalized emittance repetition rate accelerating gradient	traveling-wave type 2 π /3 2856 MHz 1 and 10 μs (variable) 100 MeV (short pulse) 76 MeV (long pulse) 100 mA 0.5 % 60 π mmmrad 2 pps max. 22 MeV/m
Klystron	tube rf power	TH2146 (Thomson-CSF) 45 MW (short pulse) 22.5 MW (long pulse)

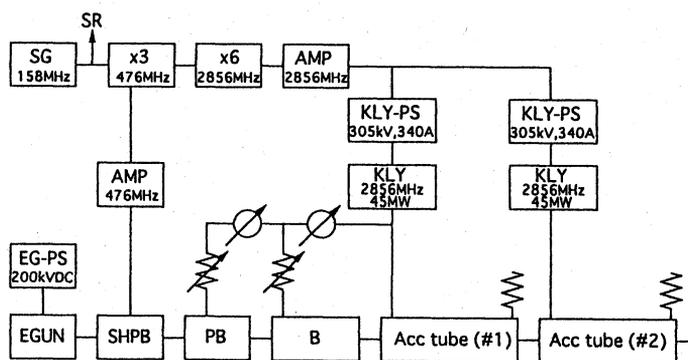


図2. 基本構成

同研究で高輝度電子銃を開発した。カソードにはY646Bを用い、印加電圧を高電圧化（200kV-DC）して、規格化輝度 3×10^9 (A/mm²mrad²)を得ている。また後者に対し、高安定度のクライストロン電源を開発した。21段のPFNを二並列化し、そのコンデンサには残留インダクタンスが小さいもの（0.1μH以下）を採用した。単体試験において電圧平坦性が0.3%以下、電圧安定度0.5%/H以下であることを確認した。

3. 性能試験結果

3-1. ビーム加速特性

まずビームローディング効果が無視し得る程度の微弱なビーム電流でビームを加速しエネルギーを調べた。ライナックの最下流部に設置されたダンプマグネットとファラデーカップを用いてエネルギー分析を行った。測定結果は最小二乗化法によるフィッティングによって次式で表すことができる。

$$E(\text{MeV}) = 9.1 \times P(\text{MW})^{0.5} \quad \textcircled{1}$$

次にビームローディング特性を調べた。クライストロンの出力パワーを一定に保ち、電子銃のグリッド電圧を変えてビーム電流を変化させビームエネルギーを測定した。結果は次式で表すことができる。

$$\frac{\Delta E}{\Delta i} = -0.028 (\text{MeV/A}) \quad \textcircled{2}$$

両式ともに設計式にほぼ一致しており、このライナックは正常に動作していると考えられる。

3-2. エネルギー幅

ファラデーカップの前面にスリットを設けてエ

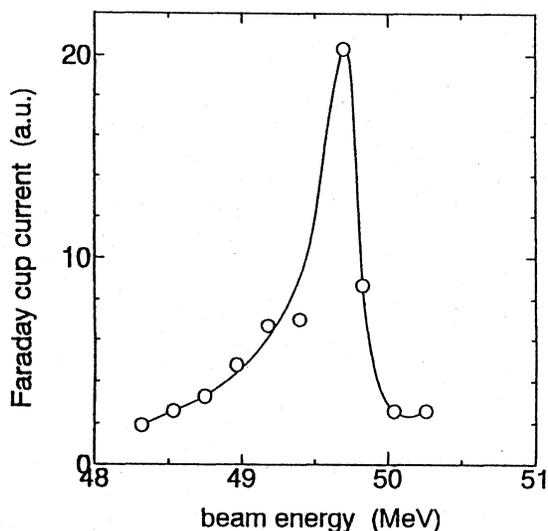


図3. エネルギー幅測定結果

ネルギー分解能を上げて測定した。ただし、ライナックはトランジェントモードで動作させた。結果を図3に示すが、設計値0.5%に対しおよそ0.7%であった。プリバンチャーとバンチャー系のマイクロ波条件を最適化し、さらに狭帯域化を図っていく。

3-3. エミッタンス

ライナックの下流に設置された収束マグネットとビームプロファイルモニターを用いてエミッタンスを測定した。測定結果を図4に示すが、最小二乗化法によるフィッティングによって、規格化エミッタンスが 60π (mmrad)であると判った。これは設計値と全く一致している。

4. まとめ

小型の50MeVライナックを完成した。出力ビームを測定し、ほぼ設計値どおりであることを確認した。現在、小型SRリングへ定常的にビームを供給しており、大きなトラブル無く安定に稼働している。

今後は、加速管を一本増設して出力エネルギーを100MeVへ増強するとともに、SHPBを導入しマイクロパルス電流の向上を図る。そして、赤外領域のFEL実験を鋭意推進していく。

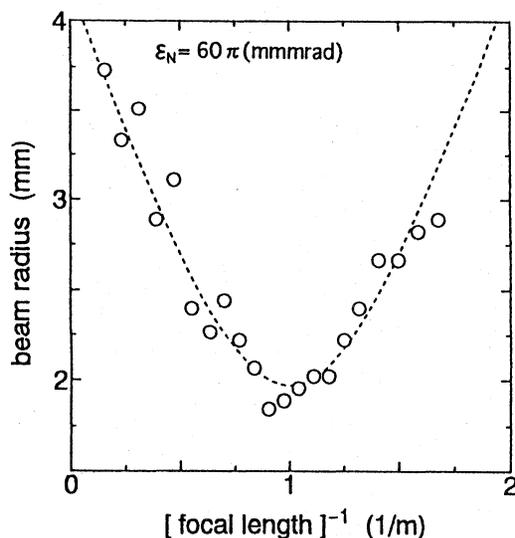


図4. エミッタンス測定結果