

Design of a Injection System for a SPring-8 Electron Linac

N. Nakamura, H. Yoshikawa, H. Suzuki, K. Yanagida,
A. Mizuno, S. Suzuki, K. Mashiko and H. Yokomizo

JAERI-RIKEN SPring-8 Project Team

2-4, Shirane, Shirakata, Tokai-mura, Ibaraki-ken, 319-11, JAPAN

ABSTRACT

A injection system of a electron lianc operates in two modes ; one is high current mode for positron generation, and the other is relatively low current mode for electron use. The high current operation mode have two beam modes : a short pulse mode of 1 nsec and a long pulse mode of 10-40 nsec. In order to generate 10 mA positron beam, the electron linac is designed to provide 10 A electron beam onto a target. The electron linac bunching system consists of a gun, following two single cavity S-band prebuncher, and a S-band buncher. The gun is able to deliver 20 A beam at 200 kV. The prebunches and the buncher are standing-wave structure with the linac frequency 2856 MHz.

S P r i n g - 8 線型加速器の入射系の設計

1. はじめに

日本原子力研究所では大型放射光施設 SPring-8 の入射器として線型加速器を設計している。線型加速器は電子および陽電子を約 1 GeV まで加速する。線型加速器の入射系は 1 台で陽電子発生のための大電流モードと電子利用のための比較的低電流の 2 つのモードで運転する。以下では主に大電流モードの検討について述べる。

2. 入射系の概要

入射系は電子加速及び陽電子用電子加速を共通の機器構成で実現できるように設計した。これら二つの間にはビーム電流及びパルス幅に大きな差異がある。従ってビーム電流の切り換えは電子銃からのエミッション電流の可変及びアイリスの出し入れによって行い、パルス幅の切り換えは電子銃のグリッド変調により行う。

入射系の機器構成を図 1 に示す。入射系はビーム上流から 200 kV 電子銃、2856 MHz プリバンチャ、バンチャ加速管、 $2\pi/3$ 進行波型レギュラ加速管から構成されている。集群（バンチング）及び空間電荷による横方向のビームの広がりを抑えるために電子銃出口からバンチャ加速管までヘルムホルツコイルを設けている。また磁束が電子銃に漏れるのを防ぐためヘルムホルツコイルの電子銃側には磁束のリターンヨークを設けた。

ビームパルス電流をモニタするために長パルス用と短パルス用の電流モニタを電子銃とレギュラ加速管の後に設けた。短パルス大電流ビームのバンチングはバンチャ加速管でも空間電荷の影響を受けるので、短パルス用ビームモニタはバンチャ加速管の後ろにも設置した。ビームの方向調整と位置確認のためにステアリングコイルと蛍光板モニタを電子銃の後ろ、Qトリプレットの前等に設置した。またエネルギー分析装置、エミッタンス測定装置、ビームバンチ測定装置をレギュラ加速管の後ろに設置した。

真空排気系にはスパッタイオンポンプを、その粗引きにはターボ分子ポンプを使用する。電子銃は排気系を強化し、電子銃からのエミッション電流の安定化を図っている。またゲートバルブを設け、電子銃等の交換時にも全体が大気解放にならないように設計してある。

入射系の基本的なビーム性能を表 1 に示す。

3. 電子銃

電子銃は短パルス大電流加速に対応できるように設計した。カソードアセンブリは面積 2 cm^2 のグリッド付き三極管型で、バリアン社製の Y796 を採用する。エミッタンスを小さくする為にはカソード電圧はできるだけ高くした方が有利であるが、大気絶縁とのかねあいで、 -200 kV とした。パルス幅の調整はグリッド変調により行う。

ウェネルト、アノード形状を決定する為に、EGUN⁽¹⁾ を用いてビームオプティクスをシミュレートした。シミュレーションにおいては横方向エミッタンスとビーム径が小さくなるようにウェネルト、アノード等の幾何学的なパラメーターを変えて最適化した。電子銃のカソードと前述したヘルムホルツコイルのリターンヨーク間の距離を 120 mm とし、この位置までのビームオプティクスを図2に示す。この位置での電流の重みのついた二乗平均エミッタンスは $26 \pi \text{ mm} \cdot \text{mrad}$ 、ビーム径は $\phi 15 \text{ mm}$ である。この時エミッション電流は 20 A 、パービアンスは $0.23 \mu [\text{A}/\text{V}^{3/2}]$ である (カソードのエミッション能力は $10 \text{ A}/\text{cm}^2$ とした)。

4. プリバンチャ

高いバンチング効率を実現し多くの電荷を加速できるようにプリバンチャは二段とし、マイクロ波共振波数 2856 MHz のリエントラント型空洞とした。二つのプリバンチャのギャップ電圧とドリフト長を決定するために、電流を51の無限に薄い円盤に分割したディスクモデル⁽²⁾を用いてシミュレーションを行った。シミュレーションにおいて次の仮定をした。入射ビームエネルギー 200 keV 、ビーム電流はピーク値 17 A で全位相均一分布、プリバンチャのギャップ間隔 20 mm 、ビーム径 $\phi 10 \text{ mm}$ 、ドリフトチューブ径 $\phi 20 \text{ mm}$ とした。ギャップ電圧、ドリフト長の最適化は全位相均一分布の電子が 40° にバンチングされる効率が最大となるようにした。

二段のプリバンチャによるバンチングの様子を図3に示す。第1プリバンチャ (PB1) のギャップ電圧は 20 kV 、第2プリバンチャ (PB2) のギャップ電圧は 30 kV である。第1と第2プリバンチャの間隔は 220 mm 、第2プリバンチャとバンチャ加速管 (B) の間隔は 142 mm である。この時全位相均一分布入射電子の 66% がバンチャ加速管のギャップ位置で 40° の位相幅にバンチングされる。

5. バンチャ加速管

高い電界で位相振動を抑えながら早くバンチングさせるために、バンチャ加速管は高電界型とした (マイクロ波共振周波数 2856 MHz)。バンチャ加速管の空洞長とマイクロ波電界を決定するためにシミュレーションをした。シミュレーションにおいて次の仮定をした。入射ビームエネルギーは 200 keV 、ビーム電流は 100 mA ($2 \mu \text{ s}$) とした。

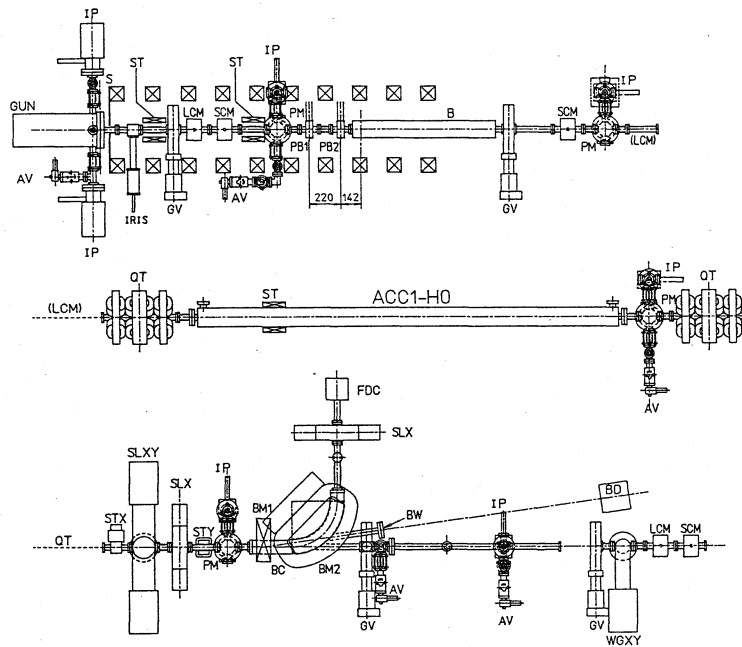
バンチャ加速管の軸方向の空洞寸法は第1空洞が 45 mm 、第2空洞以降は 52.5 mm で、空洞数は15空洞とした。バンチャ加速管への入射位相幅を 40° とすると出口でのエネルギーの広がり は $\pm 1.7\%$ 、位相幅は 4° となる。

参考文献

- (1) W.B.Herrmannsfeldt, EGUN-An Electron Optics and Gun Design Program, SLAC-331, Stanford Linear Accelerator Center, Stanford, CA94309, October 1988.
- (2) S.Takeda et al., 'A Proposed High-current Injector for the Osaka University Single Bunch Electron Linear Accelerator', Proc. 4th Symposium on Accelerator Science and Technology in Japan, November 24-26, 275 (1982).

表1 入射系の基本ビーム性能

エネルギー	50 MeV
繰り返し (最大)	60 pps
ビーム電流 (パルス幅)	10 A (1 ns)
	5 A (10 ns)
	300 mA (1 ns)
	20 mA (2 μs)
	100 mA (2 μs)



- GUN 電子銃
- PB1 プリバンチャ1
- PB2 プリバンチャ2
- B バンチャ
- ACC 加速管
- IRIS アイリス
- QT ライナック用Qトリプレット(1)
- ST1 ステアリング電磁石(1)
- ST2 ステアリング電磁石(2)
- ST3 ステアリング電磁石(3)
- BM1 チェレンコフモニタ用扇形電磁石
- BM2 30MeVビーム分析電磁石
- LCM 長パルス用電流モニタ
- SCM-W (-C) 短パルス用電流モニタ
- PM 蛍光板モニタ
- FDC フラデーカップ
- FDC-FL (-FT) 円錐型フラデーカップ
- SLXY スリットXY
- SLX スリットX
- WGXY ワイヤグリッドモニタ
- IP スパッタイオンポンプ
- GV オールメタルゲートバルブ
- AV オールメタルアングルバルブ
- CCG コールドカソードゲージ
- P1 ピラニゲージ
- QMS 四重極質量分析計
- BC ビーム取出ポート付扇形内部ダクト
- BW ビーム取出窓
- BD ビームダンプ
- S シールド銅板

図1. 入射系の機器構成。

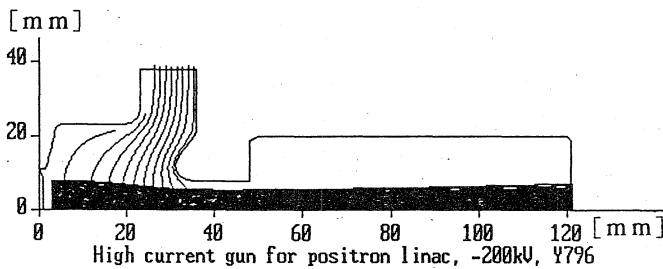


図2. 電子銃のビームオプティクス。

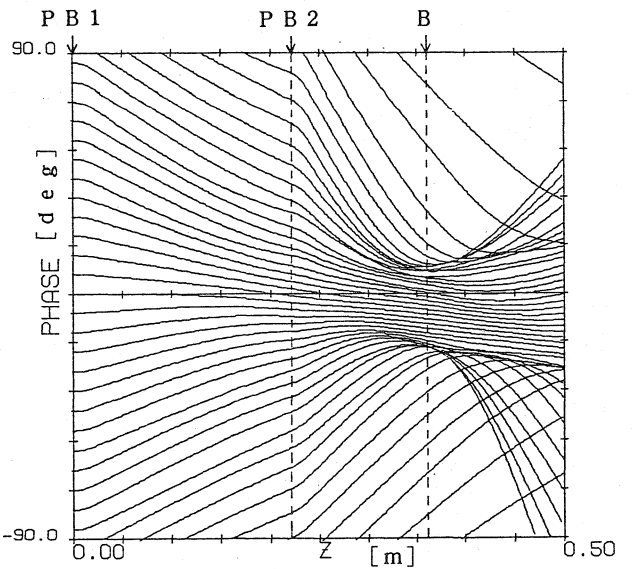


図3. 2段のプリバンチャによるバンチング。