

INJECTION LINAC FOR SPRING-8

H. Yokomizo, H. Yoshikawa, H. Suzuki, K. Mashiko, T. Ishida,
 N. Nakamura, M. Iizuka, K. Yamada, A. Mizuno
 SPring-8 Project Team, JAERI-RIKEN, Tokai-mura, Ibaraki 319-11, Japan

ABSTRACT

A 1GeV linac has been designed for SPring-8 injector. This linac is able to accelerate electrons and positrons. The long pulses and short pulses are available corresponding to the storage ring with a multi-bunch and a single bunch operation, respectively.

SPring-8の線型加速器計画

1 はじめに

放射光施設SPring-8の入射系を構成する加速器の1つとして、1 GeV線形加速器の設計を進めている。加速粒子としては、蓄積リングからの要請で、陽電子及び電子の両者を使えるように計画している。電子銃に要請されている性能が電子ビームと陽電子発生用電子ビームとで大きく異なることから、陽電子発生用リニアックと電子発生用リニアックとを独立に用意し、それらを合流して陽電子ビームまたは電子ビームを1 GeVまで加速するための主リニアックを配置する3部構成とした。

陽電子リニアックは、平均ピーク電流10 A、パルス幅10 nsec及び1 nsecの電子ビームを300 MeVに加速する部分、電子を陽電子に変換する部分、発生した陽電子を効率良く収集し120 MeVまで加速する部分から構成される。電子リニアックは、平均ピーク電流100~300 mA、パルス幅1 μ sec及び1 nsecの電子ビームを120 MeVまで加速する。主リニアックは、陽電子または電子を120 MeVから1 GeVまで加速する。ロングパルス(10 nsec, 1 μ sec)及びショートパルス(1 nsec)は、各々、蓄積リングに入射した時のマルチバンチ及びシングルバンチ運転に対応して使用するものである。図1に、この線型加速器の配置および建物の概要を示す。シンクロトロン真空ダクト、磁石等の寸法を小さくするために、出力ビームのエネルギー拡がりができる限り小さくするように要請されており、そのため、エネルギー圧縮システム(ECS)を設置する予定である。ECSのうしろは線型加速器-シンクロトロン間ビーム輸送(LSBT)ライ

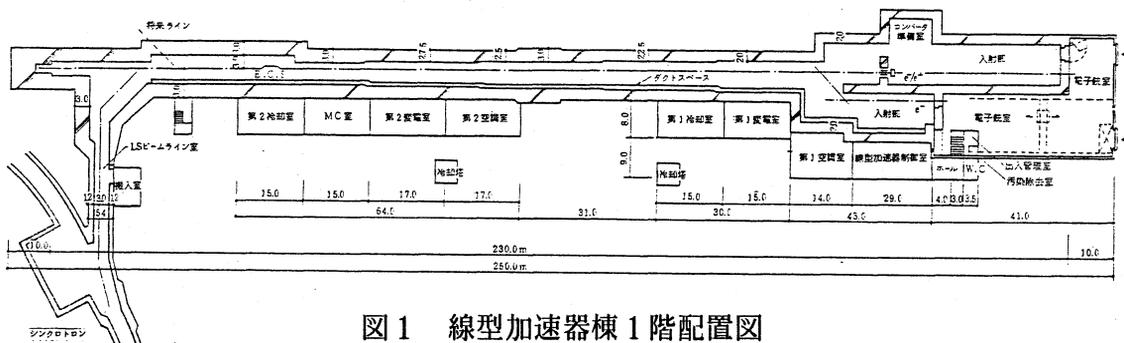


図1 線型加速器棟1階配置図

ン及びビームダンプ部となっている。ビームダンプ部は、エミッタンスモニタを兼ねて約20mの長さとしている。このリニアックのビームをシンクロトロンへ導く以外に将来他の研究に利用する事を考慮して、陽電子リニアックのターゲット直前、主リニアックの中間点、及び、主リニアックの出口の3箇所にスイッチャードを設ける予定である。

2 入射部

入射部は、図2に示すように電子銃、電子ビームを狭い位相幅にバンチさせる為のプリバンチャー、バンチャー、及び、加速管等から構成される。

電子リニアック用入射部の電子銃は、グリッド付三極管型でバリアン社製のY646の採用を予定している。0.5cm²の含浸型カソードで、100KVの加速電圧で2.8Aのピーク電流を発生できる。エミッタンスとしては、 $6.5\pi\text{mm}\cdot\text{mrad}$ を期待している。グリッド電圧の制御により、ロングパルスとして1 μsec 、ショートパルスとして1~2nsecのビームを発生させる。プリバンチャーには、リエントラント型空洞を2段使用することによって、電子ビームの出力位相幅が50°でバンチ率が約70%以上となることを期待している。第一空洞と第二空洞間の距離は33cm、第二空洞とバンチャー間の距離は10cmである。バンチャーは、長さ約50cmの定在波型空洞とする。電子ビームは位相幅50°で入射すると出力位相幅5~6°にバンチされる。このバンチャー出口で、電子はエネルギー約5MeVとなる。

陽電子リニアック用入射部の基本構成は電子リニアック用入射部とほぼ同じであるが、主な相違点としては大電流の電子を発生させる為に大口径の電子銃を採用していること、少しでも多くの電子を集められるようにサブハーモニックバンチャー（SHB）を設けていることが挙げられる。電子銃は2cm²の含浸型カソードで、バリアン社製Y796を使用する。これは、加速電界150kVのとき20Aのピーク電流を引き出せる。パルス幅は、ロングパルスとして10~40nsec、ショートパルスとして2~3nsecを発生させる。エミッタンスは、 $87\pi\text{mm}\cdot\text{mrad}$ 以下が期待できる。SHBは、ショートパルス運転時に電荷量を増すため使用するものである。リニアックの加速周波数2856MHzの1/24である119MHzの周波数とし、1/4波長のリエントラント型空洞を採用する。この空洞によって、150keVで引き出された電子を約4nsecの長さから約1nsecのパルス幅に縮めることが出来る。SHB以降のプリバンチャー、バンチャー、加速管の構成は電子リニアック用入射部と同じである。

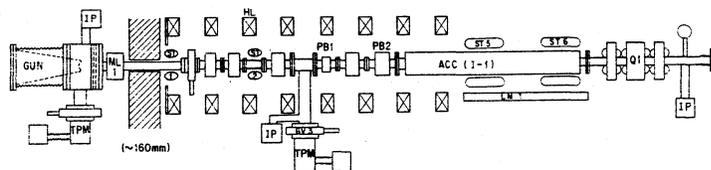


図2 入射部の概要

3 加速管及びマイクロ波源

加速周波数は2856MHz、加速管の構造は定勾配進行波型の $2\pi/3$ モード、加速管の長さは1本当り81セル、2.835mを選択した。加速電界は、最近の技術の進歩や既設の大型装置の実績を考慮し、かつ、放射光施設の入射器としての信頼性をも配慮して、中程度の値14~15MV/mに設定した。この時のシャントインピーダンスは、 $54\text{M}\Omega/\text{m}$ を想定しているが、現在さらに高いシャントインピーダンスを持つ加速管の評価試験も進めている。

運転保守の面では、マイクロ波源の信頼性が最も重要な事項の一つである。加速管1本当りの必要パワーは20~25MWであり、クライストロンはこのパワーを安定に発生させることが必要である。必要パワーに対して余裕があること、入手が容易であること、実績があり信頼性が高い

ことなどを判断して、35MW級のクライストロンを基本として検討を進めている。

35MWクライストロン用のモジュレータとしては、85MW、4 μ sec、265kV程度の能力が必要である。リニアックの出力ビームのエネルギー拡がりを小さくおさえるために、モジュレータの電圧安定度として $\pm 0.2\%$ 以下が必要となっている。モジュレータ回路は幾通りかの候補が考えられるが、DeQ回路方式を中心に検討している。図3に加速管室、クライストロン室の断面図を示す。クライストロンの交換保守が容易なように配慮した。

4 陽電子変換部

陽電子ビームは、300MeVの電子を金属板（タンタル）に衝突させた時に発生する制動 γ 線が対生成を起こすことによって生じる陽電子のうち、10MeV \pm 5MeVにはいるものを利用する。現在想定している陽電子ビームの電流値の条件では、蓄積リングに所定の電荷量をためこむのにかかる入射所用時間は途中でビームロスがないと仮定して20分程度となる。この入射所用時間が短いほど利用研究の待ち時間が短くなり好ましいことから、10分程度を目標に陽電子変換部の試作開発を行う予定にしている。

陽電子ビームは一般にビーム性能が悪く、量も少ないことから、途中でのロスを最小限にして1GeVまで加速できるように陽電子リニアックと主リニアックとを一直線上に配置した。しかし、この配置では不要な電子ビームも陽電子と共に加速されることになり、この為ビームモニタがむずかしくなる。不要な電子ビームによる放射線発生を軽減させる為にも早めに電子を選択的に除去するほうが好ましい。そこで、約120MeVまで加速した所に陽電子と電子とを分離する為の磁石を設置する。軌道の変位を小さくおさえているので、この磁石によってバンチしたビームの位相が広がることは無視できる。

5 ECS及びビーム輸送ライン

主リニアックの出力ビームのエネルギー拡がりは陽電子の場合 $\pm 1.5\%$ 程度と考えており、シンクロトロンのアクセプタンスの観点からこの値を少しでも小さくする為にエネルギー圧縮システム（ECS）を採用する。25°偏向する長さ1.5m、磁場1Tの磁石4台と加速管1本を使い、エネルギー圧縮率が1/5以下となることを目標に検討を進めている。

LSBTラインは、全長で約70mであり、5台の偏向磁石と20台の四極磁石から構成される。全偏向角は、116°である。この配置は、施設全体の造成、将来の拡張スペース、切り土の堅固な地盤、ビームダンプの遮蔽などを考慮した結果決められたものである。

6 おわりに

線型加速器は1990年から一部の機器の製作を開始し、1996年に完成する予定である。

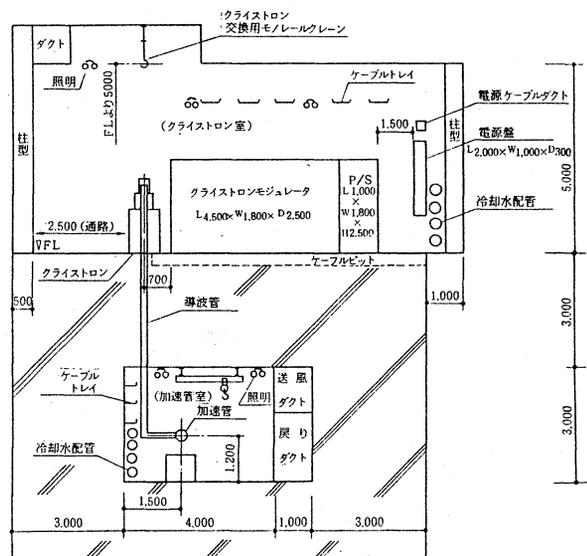


図3 線型加速器棟断面図