

[A17a01]

## CONCEPTUAL DESIGN OF AN INJECTOR LINAC FOR VSX PROJECT OF THE UNIVERSITY OF TOKYO

N.Nakamura, H.Kobayashi<sup>A</sup>, K.Hanakawa, M.Yamada,  
N.Nakamura<sup>B</sup>, T.Koseki<sup>B</sup>, H.Takaki<sup>B</sup> and Y.Kamiya<sup>B</sup>

Communication Systems Center, Mitsubishi Electric Corporation  
8-1-1, Tukaguchi-Honmachi, Amagasaki, Hyogo 661-8661, JAPAN

<sup>A</sup> Accelerator Laboratory, High Energy Accelerator Research Organization (KEK)  
1-1, Oho, Tsukuba, Ibaragi 305-0801, JAPAN

<sup>B</sup> The Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo  
7-22-1, Roppongi, Minatoku, Tokyo 106-0032, JAPAN

### Abstract

VSX project has been proposed at the University of Tokyo. It consists of a 1GeV electron linac and a storage ring in the first stage. The linac operates in two beam modes: 1ns beam for a single bunch and 15-30ns beam for multi-bunches of the storage ring. And the linac also provides 1~4  $\mu$ s beam with a maximum energy of 500MeV for slow positron facilities. We are planning to adopt the SLED(SLAC Energy Doubler) and the high shunt impedance accelerating structures.

### 東京大学高輝度光源計画用入射線型加速器の概念設計

#### 1. はじめに

東大高輝度光源計画は、第I期と第II期に分かれており、第I期は1GeVの線型加速器と蓄積リングからなり、真空紫外(VUV)領域の高輝度光源をめざす。第II期は電子と陽電子を加速する線型加速器と2GeVのシンクロトロン、蓄積リングからなり、真空紫外(VUV)、軟X線(SX)領域の高輝度光源をめざす。また線型加速器は低速陽電子発生のための電子ビームも供給する。本計画の線型加速器は、まず第I期の仕様を満足するように設計を行い、第II期の蓄積リングでの陽電子利用のため必要となる、陽電子発生ターゲット、陽電子集束系、電子/陽電子振分け電磁石、およびECS(Energy compression system)のための空間は空けておく。第I期線型加速器の電子ビームの仕様を以下に記す。

RF 周波数	2856 MHz
ビームパルス繰返し	50 pps
エネルギーの広がり	±1%以下
規格化エミッタンス	50 $\pi$ mm $\cdot$ mrad 以下 (目標)

ビームモードは以下の3通りがある。

短パルスモード	
ビームパルス幅	1 ns
ピーク電流	400 mA
エネルギー	1 GeV
セミロングモード	
ビームパルス幅	15~30 ns
ピーク電流	400 mA
エネルギー	1 GeV
長パルスモード	
ビームパルス幅	1~4 $\mu$ s

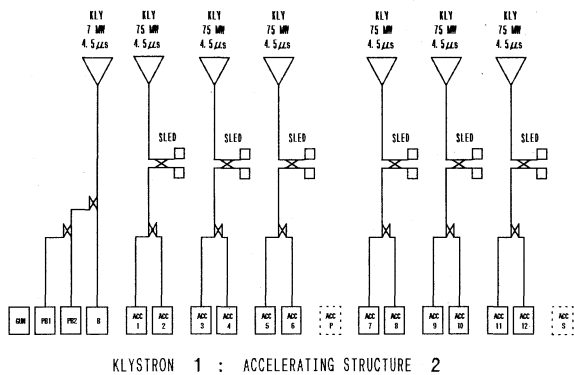


図 1. クライストロンと加速管の構成 (1)

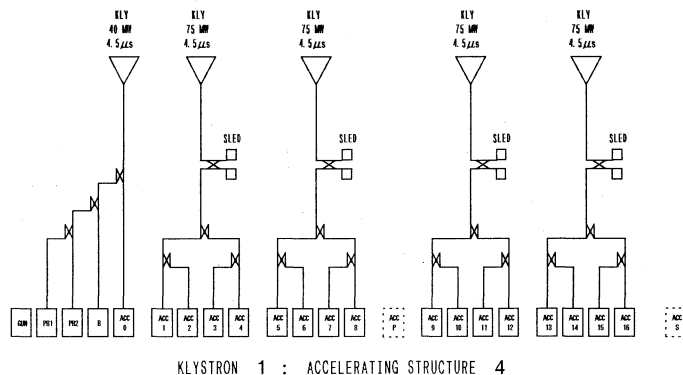


図 2. クライストロンと加速管の構成 (2)

ピーク電流            300 mA  
 エネルギー            500 MeV (最大)

の構成でもほぼ 1GeV を達成することができる。

## 2. システム構成

蓄積リングへの入射ビームモードは短パルス(1ns)モードおよびセミロング(15~30 ns)モードである。したがって本計画ではクライストロンおよびモジュレータの数を少なくするため、高 Q 値の空洞を用いた SLED(SLAC Energy Doubler)を用いる。レギュラ部のクライストロンの RF 最大定格を 75MW、4.5 μs とした時、動作点を 67.5MW、4.5 μs として設計を進める。入射加速部のクライストロンはコストおよびビーム電圧の変動に対する位相変調を抑えるため、最適な出力のクライストロンを採用する。また、低速陽電子発生のための長パルス(1~4 μs)ビームモードでは SLED をデチューンしてクライストロンからの RF パルスをそのまま加速管に供給する。

1 本のクライストロン当たりの加速管本数は相対的にビームラインを短くできる 2 本の構成 (図 1) と、クライストロンの数を減らすことができる 4 本の構成 (図 2) を検討している。ここで加速管は 3m 定電界勾配(Constant Gradient)進行波型加速管を使用する。

レギュラ加速部のクライストロン出力を 67.5MW、立体回路での損失を 10%とし、エネルギーの余裕を 10%考えた時、図 1、2 のどちら

## 3. 入射加速部

入射加速部は 120kV 電子銃、2 台の定在波型プリバンチャ、バンチャ加速管から構成される。入射加速部は空芯コイルによるソレノイド磁場よって、空間電荷およびバンチング RF 位相によるビームの発散を抑える。ただし、電子銃部にはカウンタコイルを設け集束磁場を打ち消し、カソード面で磁場が発生しないようにする。また、ビームモードの違いによるビーム電流の差に対しては、電子銃の下流にアイリスを設け透過ビームを制限することによって対応する。

電子銃は電源の小型化、発生ノイズの低減を考え直流 120kV とし、カソードには CPI(EIMAC)社の Y845 を採用する。三極管電子銃でビーム電流を変える一般的な方法は、グリッド電圧を変えることであるが、与えるグリッド電位によってグリッドメッシュ孔での電界の染み込み、染み出しが変化し、エミッタンスに影響を与える。したがって、電子銃のビームシミュレーションは EGUN を用い三極管で行い、グリッド電位はグリッドメッシュ孔の影響が出ないような値とした。電子銃アノード透過電流 626mA の時、二乗平均規格化エミッタンスは  $2.0 \pi \text{ mm} \cdot \text{mrad}$  (全粒子では  $4.3 \pi$

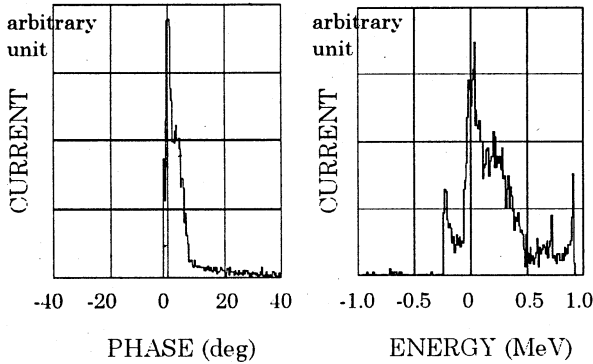


図3. バンチング特性とエネルギースペクトル

mm・mrad) となった[1]。

バンチング部は捕獲効率を上げるとともに、そのバンチング位相幅を小さくするため、2台のプリバンチャ(リエントラント型空洞)を用いた。続いて配置されるレギュラ加速管のボーア孔通過ビーム径を小さくするためには、バンチャ加速管のエネルギーは高い方が有利なので、ここでは12MeVとした。電子銃で計算したツイスパラメータ(エミッタンスは全粒子の値を用いた)を元にPARMELAでバンチング部のビームシミュレーションを行った。入射加速部の出力ビーム電流は、バンチング部の透過効率およびアイリスでのハローの除去を考慮し、電子銃アノード通過ビームの約2/3となった。図3に入射ビーム電流が626mAの時のバンチャ加速管出口でのバンチング特性とエネルギースペクトルを示す。出力RF位相幅10度の中に62%の粒子が含まれている。また、出力エネルギー12MeVに対しエネルギー幅10%の中に74%の粒子が含まれている。この時バンチャ加速管出口でのビーム直径は約3mmとなった。

#### 4. レギュラ加速部

加速管は長さ3mの定電界勾配(Constant Gradient)進行波型加速管を使用する。ビーム加速電流が400mAと大きいため、多段型/蓄積型BBU(multi-section/cumulative Beam Break Up)対策として、入り口ボーア径の異なる(減衰定数の異なる)4種類の加速管を使用

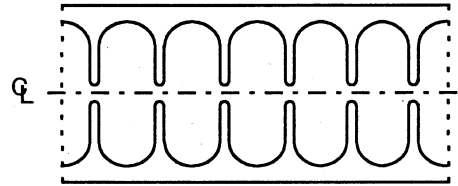


図4. 高シャントインピーダンス加速管

する。また、シャントインピーダンスを高め、線型加速器の全長を短くするため、図4に示すようなシリンダ部が曲面となっている高シャントインピーダンス進行波型加速管の採用を検討している。この加速管はMAFIAで解析した結果、BBUを引き起こすHEM<sub>11</sub>モードの横方向のシャントインピーダンス $r_{\perp}$ とQ値の比 $r_{\perp}/Q$ は、従来型の加速管に比べ小さな値であり、BBU抑制の観点からも有望であることが分かってきた[2]。これに関してはさらに詳しく検討を進めていく予定である。

ビームラインは加速管の他、集束機器、モニタ機器等から構成される。これらについても各機器の構成、仕様の検討をTRANSPORTを用いたビーム輸送系の検討とあわせて進めていく。

#### 5. 今後の予定

クライストロン数と加速管数のシステム構成については、技術的、コスト的にさらに検討を進めた上で決定する。また、高シャントインピーダンス進行波型加速管の解析、およびビームラインの設計も進めていく予定である。

#### 6. 参考文献

- [1] M.Yamada et al., 'Beam Simulations for a Mesh Gridded Electron Gun', proceedings of this conference.
- [2] K.Hanakawa et al., 'Modal Analysis of High Shunt Impedance Accelerating Structure', proceedings of this conference.