

Study of Accelerating Structure for High Intensity Electron Linear Accelerator

Shin'ichi TŌYAMA, Hironori OSHITA, Koichiro HIRANO, Hisashi WATANABE,
Kenji KONASHI, Nobuyuki SASAO, [§]Takao URANO, [§]Satoshi OHSAWA,
[§]Atsushi ENOMOTO, [§]Hitoshi KOBAYASHI, [§]Shōzō ANAMI,
[§]Kazuo NAKAHARA, [§]Y.L. WANG, [§]Isamu SATO

Power Reactor and Nuclear Fuel Corporation, Tokai Works (PNC Tokai)
§ National Laboratory for High Energy Physics (KEK)

ABSTRACT

We are recently designing the accelerating structure for high intensity CW electron accelerator (10 MeV-100mA, duty 20%). This linac is a test machine to research problems about high current acceleration which is needed for transmutation for nuclear wastes. The injector characteristics is studied using design parameters. We report some results of the calculation about beam dynamics of the injector section.

大強度電子線形加速器の加速構造の研究

1. はじめに

原子力分野において、重要な課題の一つに、高レベル廃棄物の処理方の確立がある。その一つの方法として、加速器による核変換が考えられている。現在我々は、核変換技術の要素開発として、Lバンドの大強度CW電子線形加速器の設計を行なっている。要素開発器の基本的な仕様は表1.の如くであり、核変換用加速器に必要な性能の基礎的研究をすることを目的としている¹⁾。

この設計研究の目的は省エネルギーで、安定にビームを加速することである。また、平均20 mAという極めて強い電流を加速するため、効率良い加速のみならず、漏れビームから発生する放射線あるいはオゾン、酸化窒素 (NOX) の量を少なくする必要がある。特に、線形加速器においては入射部の特性が加速器からのビームの性質を大きく左右する。よって、それらの加速構造およびビームトランスポートの研究が極めて重要である。我々は、入射部のビームバンチング特性の研究を行なっているので報告する。

2. 加速器及びバンチャーの構造

加速器の概念的なブロックダイヤグラムを図1.に示す。加速管の構造については現在のところ、進行波型、定在波型の両者について検討されている。電子銃から放出される電子群はRFチョッパーを通過した後バンチャーに入射される。その際電子ビームはバンチング作用を受ける。バンチャーの構造パラメーターを図2.及び表3.に掲げる²⁾。

また、電子銃から200 kV入射では、マイクロ波の位相速度は前半部で0.695 cから0.9 c、後半部で0.9 cから0.985 cに変化する。バンチャーからの電子ビームはAC1からAC3までのレギュラー部1更にAC4からAC7までのレギュラー部2でほぼ光速で加速される。加速管の基本仕様を表2.に示す。このバンチャーについてはテストキャビティーが制作されほぼ設計通りの高周波特性が確認されている。

3. ビームバンチング特性計算

計算は、表3.のデータをもとに、をもとにバンチャー内のビームの運動方程式を解くことにより求めた³⁾。即ち、

$$\frac{dy}{dz} = -\alpha \sin\theta_p$$

$$\frac{d\theta}{dz} = -\frac{k}{\beta^3 \gamma^3 mc^2} \Delta W$$

ここでm, γ , β , ΔW は夫々電子の質量、エネルギー、速度、平均エネルギーからの変位、 $k = \omega/c = 2\pi/\lambda$ であり、 θ_p, α は夫々、マイクロ波位相、減衰を示す。

計算の例を図3.に示す。この電子銃の高圧は200 KVとした。この図では、電子銃からの電子ビームの位相角が変調されて集群化する様子が示されている。この結果によると、バンチャー通過後電子ビームは位相角でほぼ10度以内にバンチされている。よって、ほぼ十分なバンチング作用があると考えられ、レギュラー部へビームを導くことができる。ただし今回の計算には電子集群の空間電荷効果は含まれていない。

3. おわりに

大電流電子線形加速器の入射部の特性計算を行ない、解析を行なった。今後は、さらに空間電化効果などを考慮し最適化計算を行なうと共に、レギュラー部の計算を実施していく予定である。更に、電磁石を用いて加速器やターゲット周りのビームトランスポートやビームロスの解析を行なう予定である。

参考文献

- 1) S. Tōyama *et al.*; Proceedings of 14th Linear Accelerator Meeting in Japan, 1989.
- 2) Y.L. Wang *et al.*; Proceedings of 14th Linear Accelerator Meeting in Japan, 1989.
- 3) G. A. Loew and R. B. Neal ; "Linear Accelerators" (P. M. Lapostolle and A. L. Septier Ed.) North-Holland (1970)

エネルギー	10 (MeV)
最大ビーム電流	100 (mA)
パルス幅	4 (ms)
繰り返し	50 (Hz)
デューディー	20 (%)

表1. 要素開発器の基本仕様

加速周波数	1249 (MHz)
マイクロ波波長	24.0 (cm)
加速モード	$2\pi/3$
加速管の長さ	1.2 (m)
加速器の全長	18 (m)

表2. 加速管の基本仕様

全長	1.16	(m)
空洞数	17	
ディスク厚	1.2	(mm)
2a	65-67	(mm)
シャント	15.2-29.3	(M Ω /m)
群速度	0.025-0.032	(/c)
減衰	0.036-0.021	(Nepers/m)
Q	14520-18910	

表3. バンチャーパラメータ

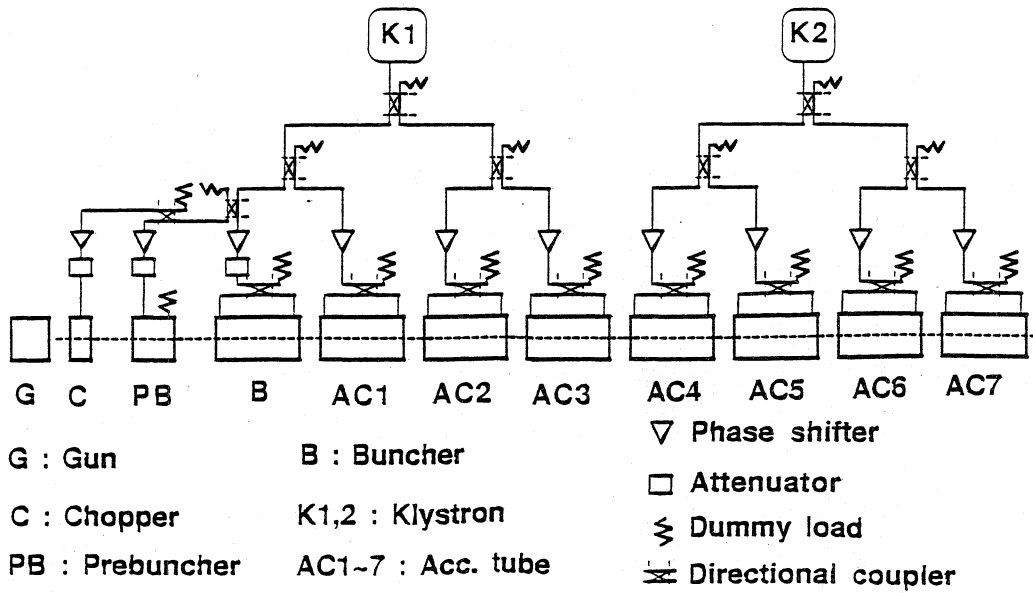


図1. 要素開発器の概念的ブロックダイアグラム。

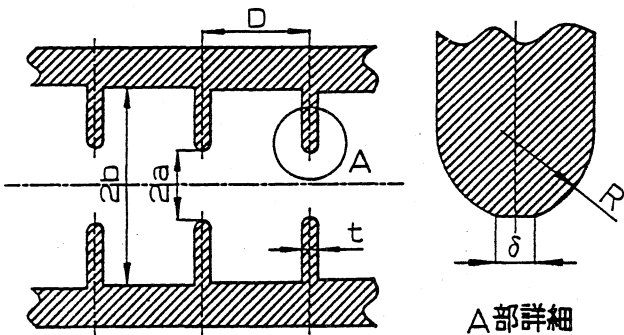


図2. バンチャー概念図。

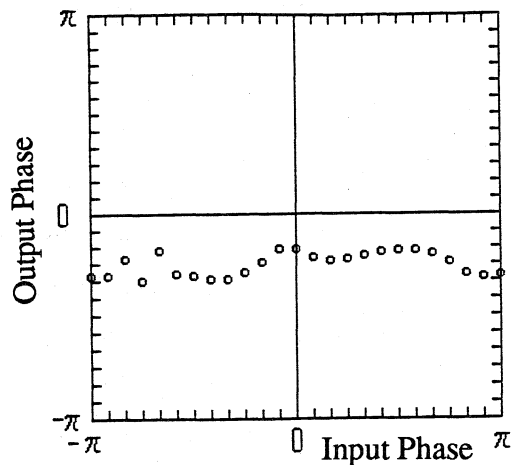


図3. 電子ビームの位相角の変化。
横軸-縦軸は夫々、電子銃、
バンチャー通過後の位相角を示す。