

[P 1–21]

The Preliminary Experiment of the High Power Electron Linac Injector

Y. Yamazaki, Y. Tanimoto, A. Omura, K. Hirano, H. Takei, M. Nomura, T. Emoto, Y. L. Wang, I. Sato*, H. Kobayashi**, Y. Enomoto**

PNC, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation

4002 Narita, Oarai-machi, Ibaraki-ken, 311-13, Japan

*Atomic Energy Research Institute, Nihon University

7-24-1 Nagashinodai, Funabashi-shi, Chiba-ken, 274, Japan

**KEK, National Laboratory for High Energy Physics

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305, Japan

ABSTRACT

The injector of PNC high power electron linac was manufactured and its performance was investigated. For the present, the longest beam macro-pulse width is 3ms, beam peak current after the accelerator tube is 100mA, its repetition is 0.1Hz, and operating time is about 2 hours. In this report, the detailed condition and difficult points will be discussed.

大電力電子線形加速器の入射部試験

【はじめに】

現在、動燃事業団では、オメガ計画の一環として核分裂生成物の核種変換に適用できる高出力の加速器開発を目指して、平均出力200kw(平均電流20mA、ビームエネルギー10MeV)の大電力電子線形加速器を開発中である。本加速器の平均電流は、通常の電子線形加速器が μ Aオーダーなのに比べ、約2桁ほど高く、そのため開発要素が各構成機器に存在する[1]。

特に、大電力のビームであるため安易に途中でビーム損失させるわけには行かない。そこで本加速器は、バンチングの過程で損失してしまう位相の電子をビームの質を劣化させることなく、切りだすことのできるチョッパー系を採用した

[2][3]。大電力の電子を加速するためのクライストロン、その電源、その他RFシステムも未知の開発要素である[4]。Dutyの高い電子銃[5]、よりエネルギー変換効率の高い進行波還流型加速管

[6]、大電力のビームを受け止めるビームダンプ[7]等の開発も本加速器の特徴である。バンチング、ビームトランスポート等の加速器制御の最適化も必要不可欠な検討課題である[3][8]。

そこで、全加速器ビームラインの内、バンチャー部に加速管1本を加えた入射部の体系を組み、入射部における開発要素の検証のため、ビーム試験を実施した。今回の発表では、入射部試験におけるビーム加速の結果の内、最もビームのマクロパルスの幅を広げた結果を報告する。

【入射部試験体系】

入射部試験のビームラインの概略及びビームモニター等の配置図を図1に示す。以下に各構成要素に関し簡単に述べる。

1. ビームライン

ビームラインの主な構成要素は、電子銃、チョッパー部、プレバンチャー、バンチャー、加速管1本、ビームダンプである。磁場系は電子銃出口に磁場レンズを2個、その後はチョッパー部を除き、加速管出口付近までソレノイド26個を配置してある。加速管出口以降は2個のQマグネットがある。また、トランスポート調整のためのステアリングコイルが要所に計7個設置されている。

2. RF系

RFの供給としては、L-bandクライストロン1本、チョッパー系のためのS-bandクライストロン1本で行っている。

3. 計測系

ビームトランスポートは定格のピーク電流を達成しておき、ビーム幅を $<30\mu$ s程度に縮めて磁場を調整して行った。幅をそれ以上にした場合には、ポジションモニターを見ながら微調整した。電流値はコアモニターを用いた。チョッパースリット、ビームダンプは、ファラデーカップになっている。また、エネルギープロファイルの測定には、 90° の偏向電磁石、ファラデーカップを用いて、磁場をスキャンしながら測定した。

【試験結果】

入射部試験の結果の中で最もビームのマクロパルスの幅を広げたとき(3ms)の結果を表1、2に示す。また、チョッパー系の概略図を図2、バンチャー、加速管のRF波形を図3、CTのビーム波形を図4、チョッパースリット、ビームダンプのビーム波形を図5、エネルギースペクトルの測定結果を図6にそれぞれ示す。

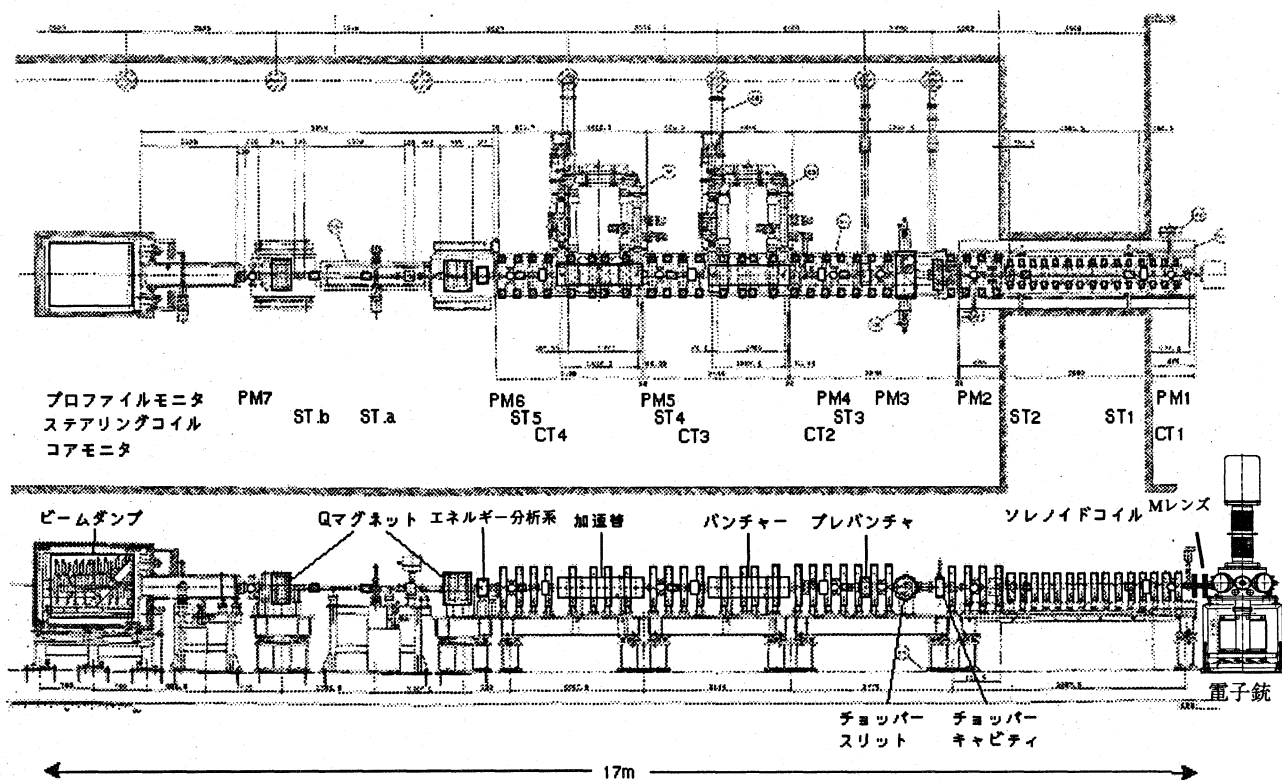


図1 入射部試験ビームライン概略図

Gun	HV	180 kV
	Cathode	Y646E
	Heater	1.87 A
	Grid Bias	100 V
	Pulse Width	3 ms
	Repetition	0.1 Hz
	Chopper	f
in Cavity		411.9 W
2f		2.498270 GHz
in Cavity		48.43 W
Prebuncher	Power	
	in Cavity	212.5 W
Buncher	Power	
	Input	205.7 kW
	Beam Loading	932.8 kW
Acc.tube	Power	
	Input	210.7 kW
	in R.Ring	2272 kW
Klystron	Beam Loading	952.1 kW
	Output Power	964.5 kW
	Beam Voltage	90 kV
	Cathode Current	23.3 A
	Beam Loading	952.1 kW
	Pulse Width	4 ms
	Repetition	0.1 Hz

表1 主要機器のパラメータ

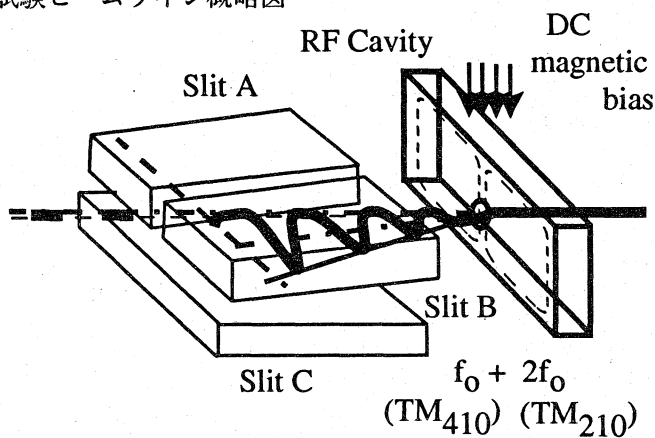


図2 チョッパー系概略図

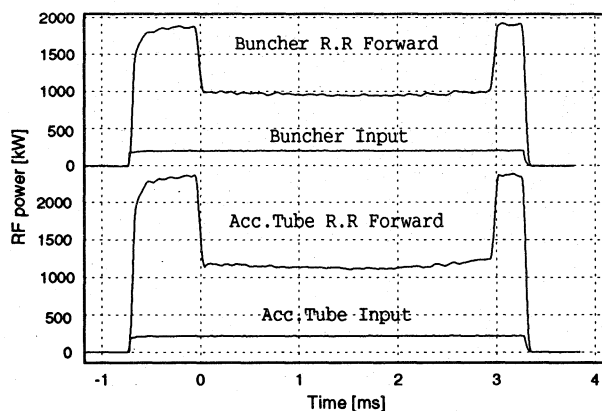


図3 RFパワー波形

【考察、今後の課題】

本試験において、ビームマクロパルス3msを達成したことで、目標値4msには至っていないが、加速系に熱負荷が影響ない範囲での、加速器入射部の基本的な性能は確認された。現段階で、これ以上繰り返しを上げられなかった主な理由、及び対策を以下に示す。

- (1) 電子銃のカソードアセンブリにメッシュグリッドを使用しており、メッシュの熱的な限界が心配された。また、電流値が1時間後には10%程度減少し、ヒーターパワーを若干上げることで、一定値を保った。より高出力に耐えるカソード材質の検討を含めたアパーチャグリッドによる制御方式を検討しており、来年度の本試験に試みる。
- (2) 加速器全体の到達真空度は 10^{-8} Torr程度であるが、ビーム打ち込みに同期して、チョッパースリット、及び加速管出口付近の真空度が 10^{-7} Torr程度まで悪化してしまう。この条件で、連続2時間ほど運転を継続したところ、チョッパースリット下流で、ビームパルス内の1msから3msec付近にかけて、非常になだらかに3msの端付近で10%程度電流値の減少が確認された。チョッパースリット付近の実際の真空度は 10^{-6} Torr程度以下まで落ち込んでいる可能性がある。また、電子ビームが何らかの原因でエミッタンス増加が生じれば起こりうる。どちらにしてもこの現象の原因は現在のところ不明である。この付近の真空度の改善は必要であろうが、引き続き検討を行っていく。

【おわりに】

本加速器の入射部が完成し、初ビーム加速に成功し、ビームによる熱負荷が問題にならない範囲で、各構成要素の妥当性を確認した。入射部試験は平成8年9月初旬で終了した。現在、本加速器の完成に向け、クライストロンの残り一本、加速管6本等の設置工事を行い、平成9年3月完成予定である。来年度初頭から加速器の本試験を行う。

【謝辞】

本加速器も入射部の完成を迎え、短い試験期間の中で、様々な問題点が生じながらもここまでの結果を得られたのは、筆署名にはのっていない他のすべての我々加速器Grのスタッフの努力、設計、製作に携わってこられた各メーカーの方々の大なる貢献度があつてこそと思います。この場を借りて、深く感謝いたします。

【参考文献】

- [1] T. Emoto et al.: in this meeting.
- [2] Y. L. Wang et al.: in this meeting.
- [3] Y. L. Wang et al.: Proc. of the 19th Linac Acc. Meeting in Japan, 145 (1994)
- [4] K. Hirano et al.: in this meeting.
- [5] Y. Yamazaki et al.: Proc. of the LINAC'94 Conf., Tsukuba, Japan (1994)
- [6] S. Toyama et al.: Proc. of the 19th Linac Acc. Meeting in Japan, 139 (1994)
- [7] H. Takei et al.: Proc. of the LINAC'96 Conf., Geneva, Swiss (1996)
- [8] M. Nomura et al.: Proc. of the 19th Linac Acc. Meeting in Japan, 142 (1994)

Beam	Energy	2.9 MeV
	$\Delta E/E$	$\sim 1.5\%$
Current		
CT1(After Gun)		300.0 mA
CT2(After Chop.)		104.8 mA
Chop.SlitA		17.6 mA
Chop.SlitB		77.8 mA
Chop.SlitC		71.5 mA
CT4(After Acc.)		100.0 mA
Dump		96.6 mA
Pulse Width		3 ms
Repetition		0.1 Hz

表2 ビーム測定結果

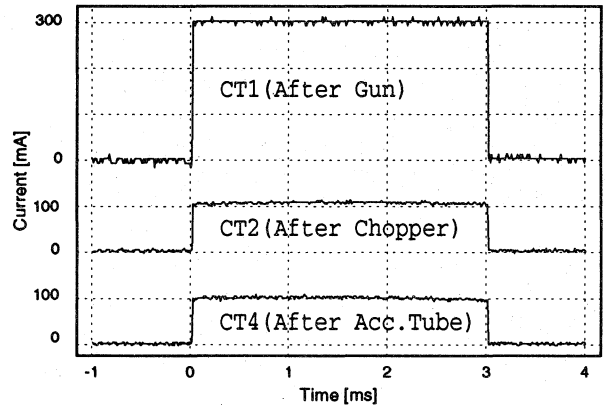


図4 コアモニター電流波形

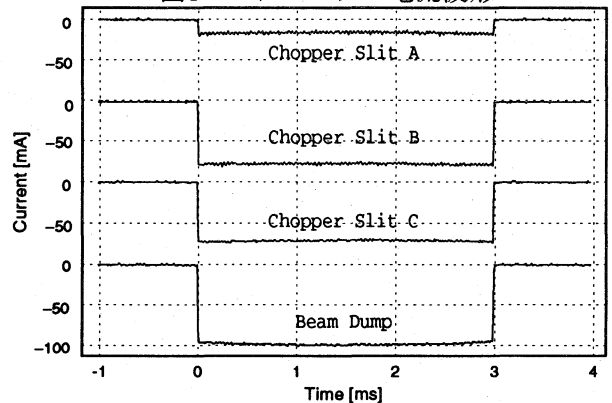


図5 チョッパースリット、ビームダンプ電流波形

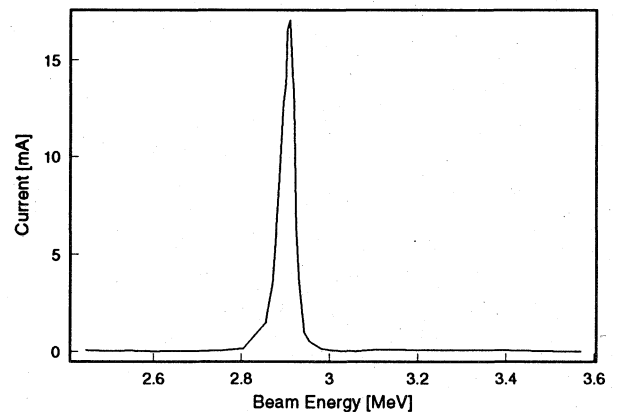


図6 加速管出口ビームエネルギースペクトル