

[F16p14]

PRE-INJECTOR OF THE KEKB 8-GEV LINAC AND ITS PERFORMANCE (II)

S. Ohsawa, J.-Y. Choi, S. Yamaguchi, A. Enomoto, Y. Ogawa, T. Kamitani,*

K. Kakihara, T. Oogoe, M. Ikeda and A. Shirakawa

High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

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

ABSTRACT

Since 1994, the KEK electron / positron linac has been upgraded for the KEKB rings. The pre-injector was moved to the new tunnel from the existing linac with many modifications. Other accelerator modules in new Sectors A to C, were completed and connected with the existing linac at the end of March 1998. In the commissioning of the linac, 2-nC/bunch beam was accelerated to 8 GeV to the end of the linac, and 10-nC/bunch beam was accelerated to the positron production target. Characteristics of the beams have been measured at several positions. In this report we compare the performance of the old and new pre-injectors.

KEKB リニアックの入射部とその性能 (II)

1. はじめに

放射光入射器 2.5GeV リニアックの入射部では、以前報告したように、KEKB 用の単バンチ大電流ビームの予備試験を行ってきた。KEKB 8GeV リニアックは、基本的にはこの入射部を移設したものである。しかし、予備試験の結果に基づいて移設入射部の構成を一部変更した上に、新規製品と交換したものや、新たに追加したものも少なくない。

移設後の試験は、97年6月の電子銃だけの単体テストに始まり、98年2月のサブハーモニックバンチャ (SHB1) の電力増強や、SHB1 空洞の更新 (98年5月) を経て現在に至っている。以下では、新旧入射部の変更点と、それに伴う特性の変化等について報告する。

2. 新旧入射部のシステム構成比較

入射部の主要構成要素が移設する前と移設後でどの様に変化したかを、表 1 に示す。大きく変更したところは、SHB 関係と加速マイクロ波のパワー、プレバンチャ、スクレーパ及び加速管である。但し、これ以外のものでも、殆どのものは程度に差はあるが、何らかの形で変更されている。尚、表中のパワーは代表的な運転パラメータであり、最大電力ではない。

まず電子銃であるが、移設後に行った最初の単体試験で、電子銃から出るビーム軌道に傾きが発見された。そこで、ガスケットをアルミに変えて ICF フランジを完全に締め切る等の対策をして、組み立て精度を上げる改善をした^[1]。

SHB の共振周波数を表 1 のように変更した理由は、リングとリニアックの加速高周波の間に簡単な整数関係を持たせて、両者の同期をとるためである。一方大きなパワーが必要になったのは、大電流における単バンチの集群特性を改善しバンチ純度を上げるために、SHB 1 / 2 とプレバンチャ間の相対距離を大電流ビームに最適化したことによる。プレバンチャ 1 を今回廃止したのも、これと同じ理由である。尚、ダブルプレバンチャにした理由は、当時のビーム仕様である中電流のマルチバンチビームに対しては、この方式が集群効率を上げるのに極めて有効であったためである。

最初に設置した 114MHz SHB1 は、旧陽電子発生装置で使用していた 119MHz 空洞を、加速ギャップだけを変えて周波数を合わせたものである。これは材質 (SUS に銅メッキ) と冷却方式の不備のために、入力パワーの増加に伴って、冷却不足で共振周波数シフトが顕著になるという問題を生じた。そのためシャントインピーダンスの高い空洞を新規に設計・製作し、これと交換した^[2]。

* 現所属 Pohang Accelerator Laboratory

パンチャと加速管のパワーが増加しているのは、クライストロンのパワーの増加に伴うものである。尚、2本の加速管を導波管で接続し、連続した1本の加速管と同等に成るように変更した。この様にすると、第1加速管のパワーが2倍になり、同じパワーでも、平均の加速電場が大きくなる。

今回導入したスクレーパは、バンチャ後のビームがもつバンチャ内のエネルギー分散を利用して、不必要なバンチャの尾が多くなった場合に、これを取り除くためのものである。ビーム電流の増大に伴ってバンチャの尾が増えた場合に、アーク部でのロスが許容値である5%を超える事態も予想された。これはその様な場合に備えるための対策の1つである。

ストリークカメラは、本体は移設であるが、光の輸送ラインにカバーをして照明光を遮断したり、ソフトウエアの改良等を行い、使い勝手を大幅に改善した^[3]。一方、スクリーンモニターに関しては、帯電の問題を避けるために、低エネルギーにある最初の2個については、スクリーンの下に金属円盤を取り付け、引き出したときにビームから帯電したスクリーンが見えない様に工夫した。またBPMは、他のユニットと同様に、全ての4極電磁石の所に取り付けた。

表1 新旧入射部の主要構成要素の諸元と状況

主要構成要素	旧入射部	新入射部	状況
電子銃	< 20 nC	< 20 nC	移設
同電源	200 kV	200 kV	移設
SHB1	119 MHz	114 MHz	新規
同電源	~ 5 kW	10 kW	改造
SHB2	476 MHz	571 MHz	新規
同電源	~ 5 kW	8 kW	新規
Klystron	2856 MHz	2856 MHz	新規
	28 MW	40 MW	
移相器減衰器			移設
Prebuncher1	< 100 kW	—	廃止
Prebuncher2	< 2 MW	< 2 MW	移設
Buncher	12 MW	20 MW	移設
スクレーパ	—		新規
加速管1	7MW	20 MW	新規
加速管2	7MW	10 MW	新規
Streak camera			改造
Beam monitor			新規+改造
真空系			新規+改造
制御系			新規+改造
集束系			新規+改造

表2 新旧 SHB1 空洞の特性

	加速ゲイン	インピーダンス	Q ₀ 値
旧 SHB1	73 kV	0.54 MΩ	3500
新 SHB1	107 kV	1.14 MΩ	6989

真空系は、ポンプと電源は殆ど移設であるが、コントローラを新規にして、他の新設部分と同じものを使用した。制御系は、電子銃と移相器/減衰器用に新たに1台マネジャを導入し、中央からの遠隔操作が円滑に出来るようなシステムを構築した^[4]。集束系も見直しを行い、スクレーパの追加の他に、集束コイルの数の変更や、一部の4極電磁石を大型にする等の変更をした。

3. 新入射部のビーム特性

新リニアックのビームは、180度偏向アーク部を通過してCセクターの途中までは、あまりロスも無く再現性も良い。入射部だけのビーム透過率を、表3に示した。大電流では入射部で少しロスしているが、中電流 (~ 2 nC) では、バンチャ出

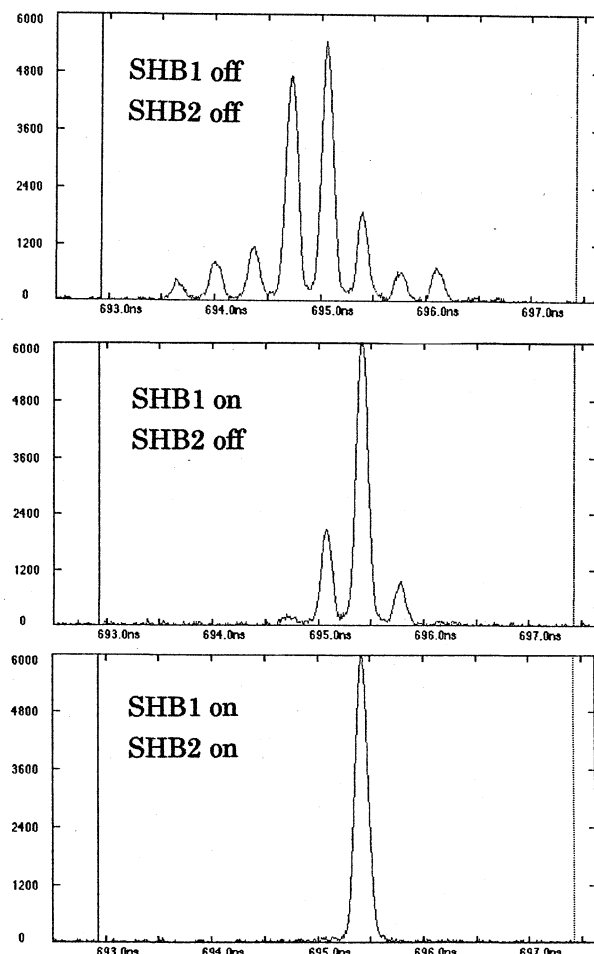


図1 SHB1/2のon/offによるバンチャ構造の変化

表3 大電流単バンチビームの透過率

測定場所	ビーム電荷	透過率
電子銃	12.2 nC	100 %
Buncher 出口	11.0 nC	90 %
加速管 1 出口	10.7 nC	88 %
加速管 2 出口	10.3 nC	84 %
入射部出口	10.2 nC	84 %

口からCセクターの途中まで、ほとんどロスが無い状態である。

図1は入射部出口にあるストリークカメラで観測したビームのバンチ構造である。SHB1と2によって集群される様子とサテライトバンチの状態がわかる。サテライトバンチはほとんど見られず、単バンチ純度は99%以上である。当初サテライトが消えず苦戦したが、SHB1を新空洞に変えた後に状況が一変して、容易に高純度の単バンチが得られるようになった。しかし、図2からわかるように、SHB1に許容される位相範囲はわずか5度である。

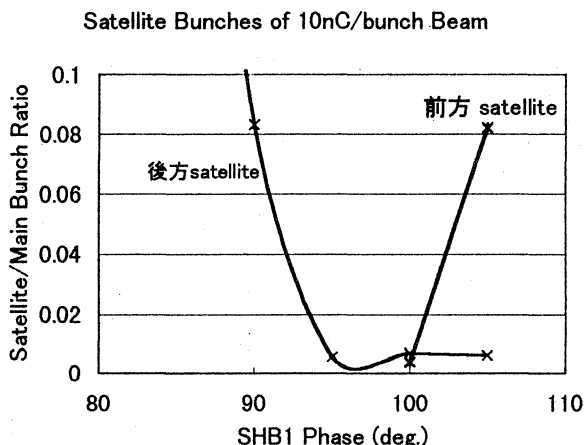


図2 単バンチ純度とSHB1の高周波位相の関係

表4 入射部のビーム特性の変化

物理量	移設前	移設後
電荷(電子銃)	12.8 nC	12.2 nC
エミッタンス # (電荷)	(~70 μm) (at 6 nC)	~80 μm (at 11 nC)
透過率 #	80 %	90 %
エネルギー *	~40 MeV	~67 MeV
エネルギー幅 *	~5 %	~9 %
バンチ幅 *	15 ps	10 ps
単バンチ純度 *	~85 %	100 %

測定場所 = # バンチャ出口、* 入射部出口

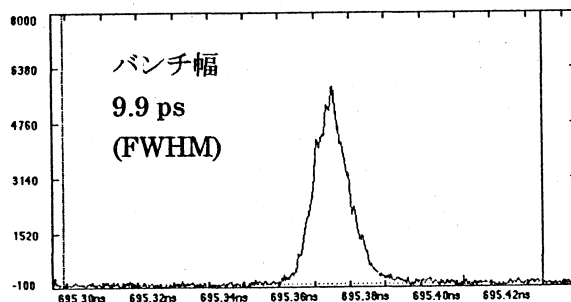


図3. ストリークカメラで測定した単バンチ形状

4. 測定結果と数値計算の比較

入射部の設計には、数値計算コード PARMELA を使用した。この数値計算結果は、表5に見られるように、概ね測定値と一致している。従って、ほぼ設計道理の性能が得られたと考えられる。

尚、ビームシミュレーションコード SAD も最近改良されて、入射部の計算が容易に出来るようになり、同様な結果が得られている^[9]。

表5 ビーム特性の数値計算と測定値の比較

物理量	PARMELA	測定値
電荷 (電子銃)	12.5 nC	12.2 nC
バンチ幅	8 ps	10 ps
単バンチ純度	99.3 %	> 99 %
透過率 (B.出口)	94.1 %	90 %
ビームエネルギー	13~20 MeV	14 MeV
エミッタンス	(60) μm	~80 μm
ビームエネルギー ~	— MeV	~67 MeV
エネルギー幅	— %	~9 %

5. 今後の課題

大電流 (>10 nC) になると、入射部の透過率が悪化するという問題が未解決である。これに対しては、クライストロンの出力を40MWから60MWに増やして改善されるかどうか、秋からの運転で試験する予定である。

謝辞

データ収集にあたり、KEKBのコミッションンググループの方々にご協力をいただきました。深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 池田,他, [2] 山口,他 [4] 白川,他, 全て本研究会
[3] 小川,他, APAC98, [5] 私信, 生出氏