

## POSITRON BEAMS FOR THE PF RING

Satoshi OHSAWA, Akira ASAMI, Takao URANO, Hitoshi KOBAYASHI,  
Shozo ANAMI, Yoshio SAITO, Atsushi ENOMOTO, Yujiro OGAWA,  
Mitsuhiro YOKOTA, \*Hideki IWATA, Gen'ichi HORIKOSHI

*National Laboratory for High Energy Physics*

*\* Ishikawajima-harima Heavy Industries Co. Ltd*

### ABSTRACT

In the Photon Factory Storage Ring, it has started to utilize positrons in July 1988 for synchrotron radiation research. The short pulse beam of 2 ns was injected at first, so that it took more than an hour to accumulate positrons up to 300 mA. However, accumulation rate was gradually improved by using the semi-long pulse beam (40 ns) and the normal injection time became recently less than 20 minutes. Two kinds of positron beam are now available : 40 ns and 2 ns beams. The former is used only for PF in order to reduce the injection time, and the latter is the beam for obtaining a single bunched beam in the rings of PF and TRISTAN.

### PFリング用陽電子ビーム

#### 1. はじめに

PFリングでは、昨年の7月より、陽電子ビームを使った放射光の共同利用を開始した。陽電子は2次粒子であるから、得られるビームは必然的に少ない。従って、入射時間は長くなる。これを改善できるかどうか、陽電子入射の最も重要な問題であった。リニアックとPFリングでは、共同のプロジェクトチームを中心にして問題点を改善してきた。1) ここでは、リニアック側の状況について述べる。我々の課題は、電荷量の多いビームもしくはPFリング内で単バンチとなる短パルスビームを安定に供給すること、複数になる陽電子ビームの運転モードを瞬時に切り換えられるようにすることであった。2) 現在利用できる陽電子ビームは、パルス幅が40 nsと2 nsの二種類である。通常は、短時間の入射にするために、電荷量の多い40 nsのビームを、タイミングをずらしながら入射している。2 nsのビームは、PFリング内で単バンチを得るためのもので、PFリングの巡回周波数とサブハーモニックバンチャーの周波数119 MHzの2つの周波数に同期させている。こちらは現在のところまだトリガー系に臨時措置の部分がある。PFリング用陽電子ビームの経緯と現状について報告する。

#### 2. 陽電子入射の経緯

一昨年PFリングより強い要請が有り、試験的に陽電子をPFリングに入射してユーザに使っていただくことになった。これは、電子の場合に発生するイオンや微粒子のトラッピングによるビームの不安定性を無くし、より安定した放射光をユーザに供給することを目的としている。当時既にトリスタンに2 nsの陽電子ビームを供給していたが、このビームを使うとすると、PFリングに300 mAまで蓄積するのに2時間程かかることが予想された。これでは、入射間の空き時間が約1時間であるトリスタンの実験と競合することになる。そこで、リニアックとリング共同のプロジェクトチームを中心にして、30分以下で300 mAまで蓄積することを目標に、マシンスタディをして必要な装置の製作と改良を進めることになった。

スタディの結果、陽電子入射を通常の運転として実現するためには、2 nsより電荷量の多いセミ長パルスビーム(40 ns)を使わざるを得ないことになったが、それにはどうしても解決しなければならない問題がいくつかあった。リニアック側について言えば、先ず電子銃の寿命の問題が上げられる。3) 4)

当時、陽電子発生装置の電子銃は寿命が数ヶ月と短く、5) 2 nsより電荷量の多い40 nsのビームを出した場合、寿命がさらに短くなり、運転に支障がでることが懸念された。又、トリスタンとPFリングの営業運転を両立させるためには、運転モードを速やかに切替えることが不可欠である。そのためには、ビームトランスポートのパラメータやトリガーマード及びビームのパルス幅等を、主制御室で瞬時に切替えることのできるシステムを製作する必要があった。さらに、最上流の加速管ではRFのパワーが不足ぎみであったので、クライストロンを1台増設し、RFのパワーの増強を計ることも必要であった。6)

昨年(1988)の7月18日から陽電子入射を開始したが、この時点では前述の問題点は部分的にしか解決されていなかったため、当初の二週間程(7月30日まで)は、試験も兼ねてトリスタンに入射していた2 nsのビームを使用した。6) このビームは電荷量が少ないため、0 mAから始めると250 mAまで蓄積するのに2時間程度を要した。しかし、幸いにして積み上げ入射(入射する時にリングを回っているビームを落とさずに、減少した分だけを補給する方法)に成功したので、ほとんどの場合、入射時間は半分の1時間程で済んだ。12月5日の運転再開時から、電子銃が新型になり、トリガーマードや制御系等の各部の整備が進んだので電荷量の多い40 nsのビームを使用できるようになり、入射時間を40分位までに減らすことに成功した。その後、リニアックとリング双方で改善の努力を重ね、最近では入射時間がさらに減って20分程になっている。これは主に、二重同期の精度を下げてトリガーマードの繰り返しが増えなくなったことによる。

### 3. ビームのパルス幅

PFリングの陽電子入射に、通常、セミ長パルス(40 ns)のビームを使用する理由について説明する。短パルスビーム(2 ns)では、電子銃のアノード電流をさらに増やすことは技術的に容易でない。一方、長パルスビームを使えばピーク電流は少なく済むが、陽電子の電流がノイズに埋もれて測定しにくくなる。従って、電流を見ながら通過率が良くなるように集束系を調整することが難しくなる。又、長パルスビームの場合、加速マイクロ波の位相の一定になっている領域がパルス幅分だけ余分に必要となるが、陽電子発生装置ではそれが望めない。そこで電荷量が多く、パルス幅があまり長くないセミ長パルスビーム(40 ns)を使用することになった。

### 4. リニアックの各部におけるビーム電流

リニアックの各部におけるビームの電流値を図3に示す。データは、昨年(1988)の12月12日と今年(1989)の6月19日のものである。電子銃からターゲットまでは電子ビームの電流を表わし、ターゲットから下流側は陽電子ビームの電流を表している。横軸の数字はセクター数を示す。リニアック終端(第5セクター)における陽電子ビームの電流は、電子銃のアノード電流に概ね比例している。昨年の使用開始時にはアノード電流を2.3 Aに抑えていたが、次第に増やし最近では3.3 Aになっている。電子の部分ではRFのビームローディングがかなり大きくなってきているため、これ以上電流を増やしても、陽電子の電流を増やすのに有効でなくなりつつある。

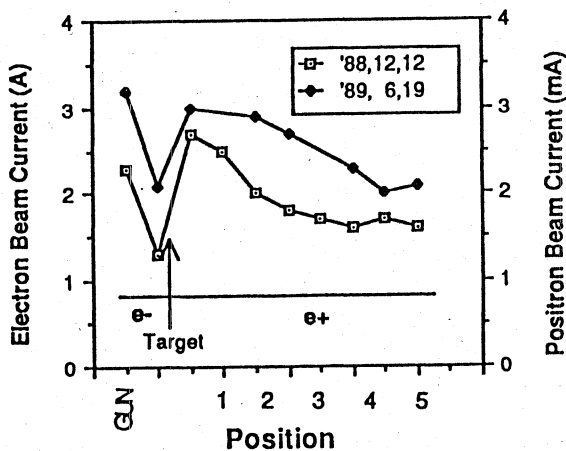


図1 リニアックの各部におけるビーム電流

### 5. ビームモードの選択

陽電子ビームには、通常の運転モードにPFリング用のセミ長パルス(40 ns)とトリスタン用の短パ

ルス (2 ns)の2種類がある。主制御室の押しボタンでモードを選択すると、次の2つのものが遠隔操作で切り換わる。第一は、セミ長パルスと短パルスのビームを切り換えるための同軸切替器である。7) これは、2台あるグリッドパルサーのいずれか一方を電子銃に接続するためのもので、高電圧部にあるので、切り換え信号は光ファイバーを使用して光で伝送している。第二は、トリガー系である。巡回周波数が、PFリングとトリスタンの蓄積リングでは異なるため、トリガー系も専用のものに切り換える。ただし、PFリング用の短パルス (2 ns) については、現在のところトリガー系がまだ主制御室から遠隔操作では切り換えられない。又、運転モードを換える場合は、ビームトランスポートのパラメーターも変更することが必要である。これは、計算機を通して行っている。8)

#### 6. トリガーの二重同期と繰り返しの減少

2 nsのビームは、PFリング内に単バンチを作る時に使用するのもで、これは、2つの周波数に同期している必要がある。9) まず第一は、PFリングの巡回周波数で、陽電子ビームを繰り返し入射しても常にPFリング内の同じバケットに入る必要性から来ている。第二は、サブハーモニックバンチャー (SHB)の周波数119 MHzで、リニアックの加速周波数2856 MHzの1/24にあたる。パルスあたりの電荷量を増やすために、電子銃からは4 nsのビームを取り出し、SHBで幅を2 nsに圧縮している。SHBできちんと圧縮するためには、ビームを119 MHzに同期させ、いつも同じ位相に入れなければならない。

この二重同期トリガー系は、互いに独立な二つの信号 (500 MHzと119 MHz) の双方への同期をとっているため、同期精度を上げると、出力トリガーの繰り返しが減るという性質を持っている。

#### 7. リニアックの電流とリングでの蓄積率

リニアックの電流値が過去一年間どのように変化したかを、図2に示す。横軸は通算の日数で、陽電子ビームのテスト入射が始まった昨年の7月11日から数えた。データの無いところは、保守期間である。測定箇所は、30度偏向系から2.5 GeVラインに入り加速管3本を通過した所 (WM-16)と、2.5 GeVリニアックの終端(WM-58)の2カ所である。

壁電流モニターWM-16の所では、ビーム電流は比較的安定しており、電子銃のアノード電流の増減をよく反映している。一方、WM-58の所では、ビーム電流の変動が大きくなっており、電子銃のアノード電流の増減と必ずしも一致していない。

次に、図2のビームをPFリングに入射した時の蓄積率 (1秒間に蓄積される電流値) を、図3に示す。今年の5月14日から6月6日までの運転では、蓄積率が3月までの値と比較してかなり小さくなっている。これはRFに対するビームのタイミングが適切でなかったためであ

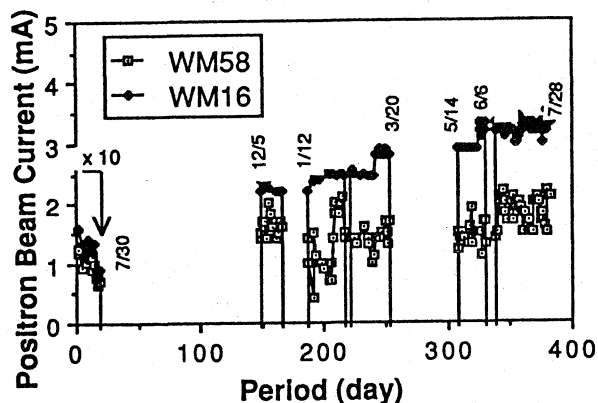


図2 PFリング用陽電子ビームの推移

7/11'30までは2ns, その後は40nsのビームを使用

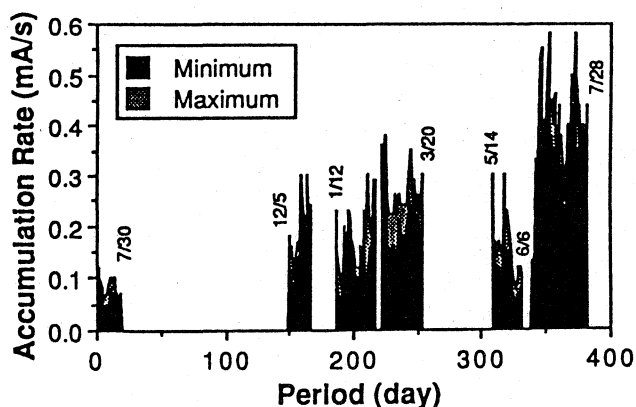


図3 PFリングの陽電子蓄積率の推移

ることが6月になってから判明した。このタイミングを合わせた結果、蓄積率が3月の状態(～0.3 mA/s)に戻った。さらに、その後、二重同期に伴ってトリガーの繰り返しが3割程度減少していることが発見された。同期精度を下げてこれを改善したところ、蓄積率がさらに増加して、最大0.58 mA/sを記録した。入射の一例(7月13日)を図4と図5に示す。この例では、蓄積率が0.3 mA/sで、ビームを実際に入射している時間は10分程であった。モードの切り換え時間を含めても、20分以下であった。

蓄積率が著しく増加した理由は、2.5 GeVリニアックの終端(WM-58)の電流値が多少増加したこともあるが、主に、ビームのタイミング調整によりエネルギースペクトルを向上したことと、トリガー信号の欠落を改善したことである。さらに、前述の二つの改善により、プロファイルモニターでビームのプロファイルがより鮮明に見えるようになったので、リニアックの終端からPFリングに行くビームトランスポートライン上でエネルギー幅が容易に分かるようになり、位相調整で簡単にエネルギー幅を最小にすることができた。このことも、蓄積率が著しく増加した理由のひとつである。

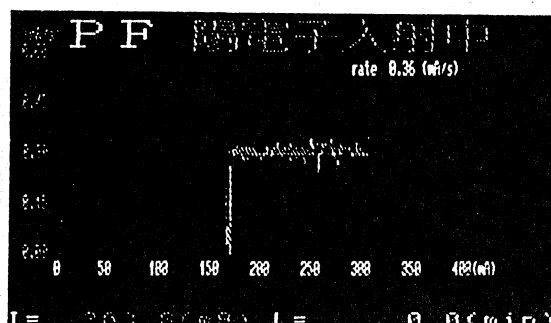


図4 PFリング陽電子の蓄積率 (mA/s)  
横軸は蓄積された電流値 (mA)

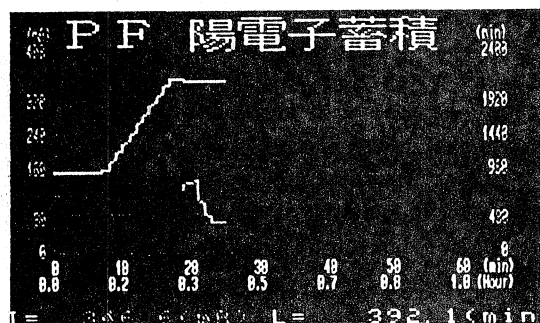


図5 蓄積に伴って増加する陽電子の電流  
横軸は時間 (分or時)、縦軸は蓄積電流 (mA)

## 8. まとめ

PFリングに300 mA蓄積するのに要する時間は、通常の状態では現在概ね20分以下になっている。これには、運転モードの切り換え時間も含む。従って、PFリングの陽電子入射はトリスタンの運転と充分共存しており、入射に関するかぎり所期の目的は達せられた。

## 参考文献

- 1) T. Mitsuhashi and project group of positron accumulation, Proc. JAERI-RIKEN Symp. on Accelerator Technology for the High Brilliance Synchrotron Radiation Sources, 581, 1988
- 2) S. Ohsawa and the Electron Linac Group, Proc. JAERI-RIKEN Symp. on Accelerator Technology for the High Brilliance Synchrotron Radiation Sources, 567, September 1988
- 3) M. Yokota et al., Proc. of the 13th Meeting on Linear Accelerators, September, 1989
- 4) H. Iwata et al., Proc. 14th International Conference on High Energy Accelerators, 1989
- 5) Y. Ogawa et al., Proc. 12th Linac Meeting, 1987, P.165
- 6) A. Asami and the Electron Linac Group, 1988 Linear Accelerator Conference Proceedings
- 7) S. Ohsawa et al., 1988 Linear Accelerator Conference Proceedings, October, 1988
- 8) I. Abe et al., Proc. of the 13th Linear Accelerator Meeting in Japan, September, 1988, P183
- 9) T. Urano et al., Proceedings of the 11th Meeting on Linear Accelerators, P102, 1986