

PRODUCTION AND ACCELERATION OF POSITRONS FOR PF STORAGE RING

A. ASAMI, S. OHSAWA, T. URANO, H. KOBAYASHI, M. YOKOTA, *H. IWATA, K. NAKAHARA,
I. ABE, S. ANAMI, I. SATO, T. YAMAKAWA, T. MITSUHASHI, M. KATO, AND G. HORIKOSHI

National Laboratory for High Energy Physics
*Isikawajima-harima Heavy Industries Co.Ltd

Abstract

Properties of a suitable positron beam produced and accelerated by the linac are studied for the positrons to be used in the PF storage ring. The beams with a few tens of nanosecond width seem to be adequate, and an injection rate of 0.2~0.24mA/s was obtained in the ring with these beams.

放射光リングのための陽電子ビーム発生と加速

1. まえがき

放射光リングでは、これまで専ら電子ビームを用いてきた。電子ビームの場合には、イオントラップに起因するビームの不安定性が問題であり、いろいろな対策の結果、大体は解決していた。しかしこれは完全とは言えず、根本的な解決のために陽電子ビームを使用することが計画され、準備が進められてきた。

陽電子ビームを使用する際の、電子ビームとの一番大きな違いは、その強度である。陽電子ビームの強度を十分に上げることは必ずしも容易ではない。放射光入射器の陽電子発生装置は、これまでパルス幅2 ns以下の陽電子ビームをトリスタンに供給してきた。そこで放射光に陽電子を供給する為に二つの方法が検討された。一つはトリスタンと同じビームを使用すること、もう一つは新たに放射光用のビームを検討することである。前者については本年7月の運転で実際に行なわれたが、入射にはかなりの時間を要した。ここで述べるのは第2のもの、放射光のための陽電子ビームに関して行なわれたテスト結果の報告である。主な目的は陽電子の電荷量を増して、入射時間を短縮することにある。

2. 陽電子ビームの特性

パルス当りの電荷量を増すためには、パルス幅を長くすれば良いが、どの程度の幅が適切かが問題になる。電荷量が一定のビームを加速する場合に、ピーク電流とパルス幅をどの様に選ぶのが有利であろうか。空間電荷効果やウエークフィールドの影響はピーク電流が低い方が少ないと思われる。ビームローディング効果はどちらも同じとすると、これに起因するエネルギーの広がりも同程度である。従って一般にはRFのパルス幅の許す範囲で、ビーム幅を広くとる方が加速し易い。そこでまず電子ビームの場合と同程度の~500 nsとしてテストを行なった。この場合電子ビームのピーク電流は数100 mAの領域になる。しかし、テストの結果陽電子ビームの

ピーク値が小さいため、電流モニタによる検出が難しいことが分かった。次にパルス幅を数10 ns とすると、陽電子は数 mA となり、電流モニタの問題は起こらない。そこでパルス幅を20 ns、及び40 ns に選びそれぞれ入射電流を変えて陽電子の発生と加速を試みることにした。

3. 実験結果

(1) 加速ビーム電流

パルス幅を20 ns とし、電子銃からの入射電流を2.1、3.7、5.6 A と変えた場合に、各部で得られる加速電流値をプロットしたものを図-1に示す。P-3はターゲット直前のモニタ(WCM-3E)の電流値で、ここまでは電子、それ以後は陽電子である。P-6は陽電子発生装置終端のモニタ(WCM-6E)によるもの、30-BTは陽電子発生装置と2.5 GeV リニアックをつなぐビームトランスポートの中間にあるモニタである。1セクター以後はすべて2.5 GeV リニアックである。陽電子ビームのほぼ半数は2.5 GeV リニアックで加速するまでに落ちてしまう。これは2 ns の短パルスビームでも同様である。

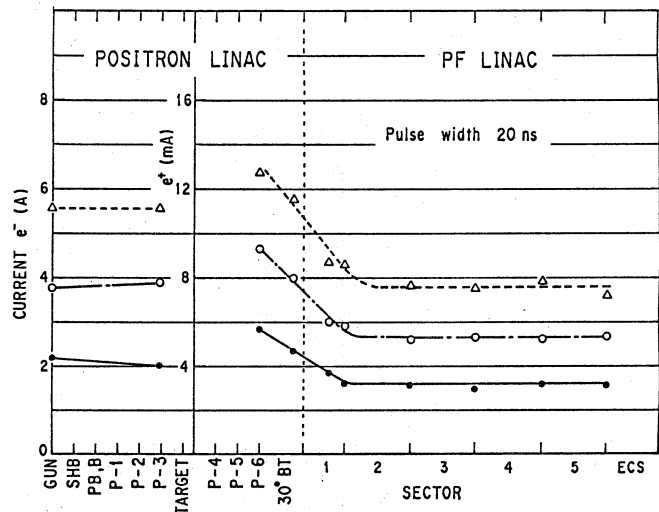


図-1 加速ビーム電流 (20 ns)

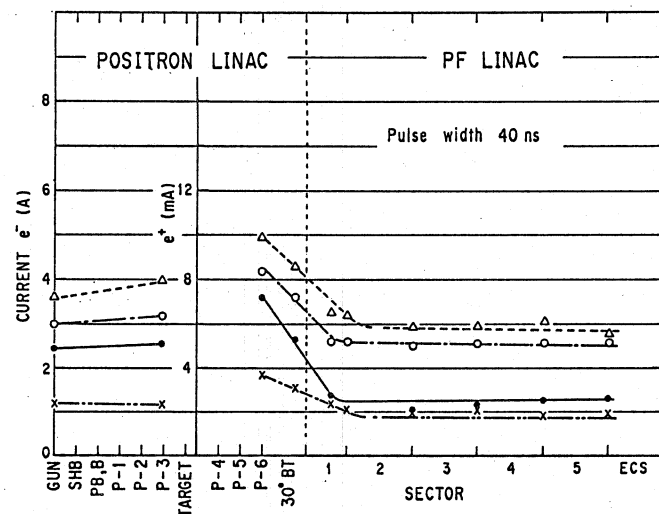


図-2 加速ビーム電流 (40 ns)

入射電流の変化に対し陽電子ビームはほぼ直線的に変化している。

パルス幅を40 ns にした場合を図-2に示す。入射電流は、1.2、2.4、3.0、3.6 Aである。入射電流2.4 Aの場合、陽電子の30°ビームトランスポートの透過率が悪いが、この場合のみ別の日に行なわれたもので、調整が不充分のためと考えられる。ところで陽電子ビームのパルス幅は電子ビームのよりも狭くなる傾向があり、特に電荷量大きい時に顕著となる。これは電子ビームとしてはターゲットまで加速できても、ビームは過渡状態にあり、パルス内の遅い時間部分では電子のエネルギーが低く、発生する陽電子が減少してしまうなどが原因と思われる。

(2) 波形、エネルギースペクトル、及びエミッタンス

このように比較的長いパルス幅の陽電子ビームが加速できるようになったので、実際に放射光リングへ入射テストを行なうこととし、それに先だつてさらにビームの特性を調べた。陽電子発生装置各部のビーム波形を図-3に示す。入射ビームは半値幅35 ns でターゲットでも同じ波

形のビームが得られる。しかし発生する陽電子ビームは先端が細く幅が狭い ($\sim 25 \text{ ns}$)。図-4はこのときの陽電子発生装置電子加速部各ユニット (P1-S、P-2、P-3) のRF波形で、大きなローディング効果がみられる。2.5 GeV リニアックにおける波形を図-5に示す。この部では波形は最初の陽電子と同じである。このビームについて、放射光リングへのビーム輸送路中にある電磁石及びスリットを用いて、スペクトルの測定を行なった。その結果大部分のビームのエネルギーの広がりは $\pm 0.25\%$ 以下であることがわかった。また、リニアックとリングとの整合を測るため行なった特性測定を行なった結果エミッタンスとして $4 \sim 8 \times 10^{-6} (\text{m} \cdot \text{rad})$ を得た。これは 2 ns ビームについて別に行なった測定¹⁾ とほぼ同程度のものである。

(3) 放射光リングへの入射

このビームを用いて放射光リングへの入射を試みた。リニアックとリング間のビーム輸送系中間のビームモニターで $\sim 2 \text{ mA}$ 、従ってここまでの透過率は $\approx 80\%$ である。リングにおいて種々の調整を行なった結果うまく調整した場合には $0.20 \sim 0.24 \text{ mA/s}$ という入射効率を得ることができた。これは短パルスの場合の2倍以上の値である。

4. おわりに

得られた入射効率は短パルスの場合の2倍以上で、今後放射光で陽電子を利用して行くのには、数 10 ns のパルスを用いるのが有力な手段であることが確認された。しかし定常運転で使用していくためには、長・短パルスの切り替え、長寿命の電子銃の開発など多くの問題があり、その解決が今後の課題である。

参考文献

- 1) T. Mitsuhashi et al., "OPTICS MATCHING BETWEEN BEAM TRANSPORT LINE OF PHOTON FACTORY STORAGE RING AND KEK 2.5GeV LINAC", presented at this meeting.

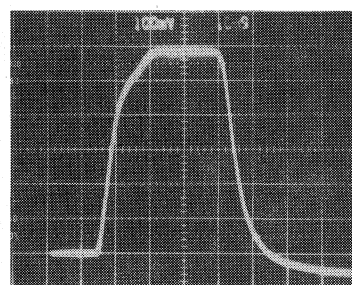
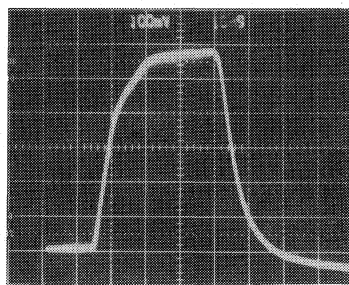


図-3 (a) GUN : 2.4A 図-3 (b) 3E : 2.4A

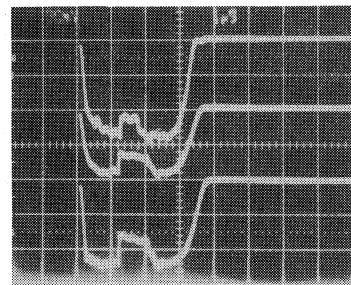
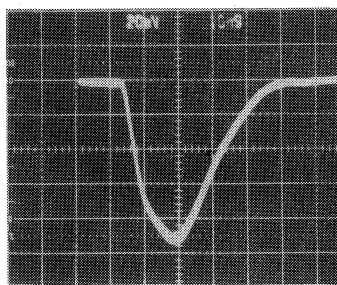


図-3 (c) 6E : 7.0mA 図-4 RF 波形 (P1~P3)

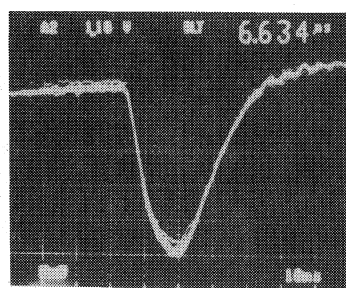
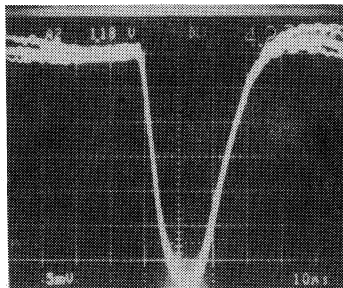


図-5 (a) 1-6 : 2.6mA 図-5 (b) 5-8 : 2.4mA