

IMPROVEMENTS OF THE POSITRON FOCUSING SYSTEM

A. Enomoto, T. Oogoe, K. Kakihara, I. Sato, A. Asami and J. Tanaka
National Laboratory for High Energy Physics

ABSTRACT

The positron beams at KEK have operated for about two years; and, since November 1986, they have been injected as routine-operations for the TRISTAN experiments. The positron target and pulsed coil assembly was replaced by improved one in April, 1987. This new system has operated successfully up to the present.

陽電子発生装置集束系の改造

1. 序

KEKの陽電子発生装置は1985年7月から陽電子の加速を開始した。最初は僅かに2.3 mA (15ナノ秒)を陽電子発生装置のビームダンプ(250 MeV)迄加速したに過ぎなかったが、その後約1年間の間に、ビームパルス幅(2 nsec以下)、ピーク電流(10 mA以上)、加速エネルギー(2.5 GeV)に関しては、ほぼ仕様を満足するに至った。トリスタンリングには、1985年10月からマシンスタディの時間を用いて試験的な入射を行っていたが、1986年11月の主リング完成にともない、陽電子ビームについても営業運転を開始した。以後今日に至るまで、順調に陽電子の入射を行っている。

陽電子発生装置の基本的な性能は最初の加速後約1年間で達成された¹⁾が、これまでの最高電流は、1986年8月、約200 MeV、7.9 Aの電子を標的に当てて得られた27 mA (250 MeV)で、電子-陽電子変換効率は3.4%であった。その後の陽電子集束系の整備は、トリスタンの実験開始にともない、安定した入射を維持することを中心の1つにおいてきた。即ち、陽電子ビームにスイッチしたとき、常におよそ一定した電流を再現できること、ビームが出なくなったときの故障診断が容易にできることなどである。一方、これと平行して、これまでの陽電子発生装置集束系の問題点に付いても検討を行い、改善を進めている。

2. トリスタンへの陽電子入射の現状

現在、トリスタン蓄積リングへの入射は約1時間半毎に約25分を要して行われている。リニアックからは10~12 mAの陽電子を出しているが、入射路の運動量アクセプタンスが0.5%なので、1/3が失われ約2/3がトリスタン蓄積リングに入射されている。

トリスタン主リングには電子2バンチ、陽電子2バンチが蓄積されるが、陽電子、電子の入射は各々4回ずつに分けて行っている。現在、入射中にRFのダウンもなく順調に入射される場合、リニアックが使用する時間は陽電子入射(8分)、電子の入射(30秒)、その切り替え(3分)の11~12分である。これは陽電子と電子の切り替えを簡略化し、25 Hz運転を50 Hzにすることによって、リニアックが要する時間は5分程度まで短縮される見通しである。

3. 陽電子発生装置集束系の改造

(1) 1次電子ビームトランスポートの強化

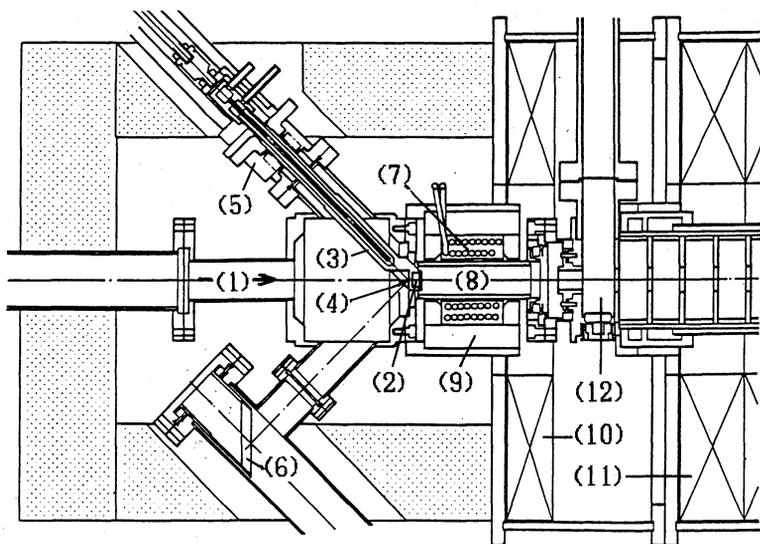
今年の4月に、陽電子発生装置の#2、#3ユニットの中央に四極電磁石トリプレットを追加した。この部分のビームエミッタンスは $p\epsilon = 0.015 (\pi \text{ MeV}/c \cdot \text{cm})$ を用いて設計されたが²⁾、実際の運転では、計算よりも特に#2、#3ユニットでのビームサイズが大きく、トランスポートの調整が大変で、電子銃の電流を増やしてもその分を標的に当てるまでに多くの時間を要することが指摘されていた。電磁石の追加によって、この部分でのトランスポートは非常に楽になった。最近の実測ではエミッタンスが設計値よりも約4倍程度大きいことが分かっている³⁾。

(2) 陽電子標的部の改造

同じく今年の4月に、陽電子源の標的、パルスコイル部の改造を行った。その主な目的は、水冷のパルスコイルを真空容器の中から大気中に出すことにあった。パルスコイルには最大5000Aの半正弦波形の電流を流すが、発熱の点でパルス幅は狭くする方が好ましい。しかし、パルス幅を狭くするには電源の電圧を上げねばならない。現在の電源はSCRによるスイッチを採用していて耐圧は1000Vである。また、コイルの自己インダクタンスは5 μ H程度あるので、パルス幅を100 μ sec以下にするのは困難である。計算によるとコイルでの発熱は約200Wで水冷が必要である。従来のコイルは真空容器中に電流導入端子を使用して組み込んでいたが、端子とコイルはアダプターによって真空部で銀ろう付をしていた。この銀ろう付部分は心配の種であった。コイルと電流導入端子を一体化し真空部での接合を止めることもできるが、コイルを大気中に出してしまえば電流端子も必要なくなり問題は一掃される。

改造の第2の目的は標的とパルスコイルをその後の加速管に出来る限り近付け、かつ橋渡しのコイルを追加することによって、陽電子のデバンチを抑えると同時にパルスコイルと加速管ソレノイドとにある磁場の間隙をなくすことである。この間隙は陽電子の集束には不都合で、陽電子の収量にかなりの影響を与えることが指摘されている⁴⁾⁵⁾。

改造した陽電子源をを図1に示す。改造型では、パルスコイルをセラミックで絶縁された真



- (1) 1次電子ビーム
- (2) 標的
- (3) ホルダー (水冷)
- (4) ビームスクリーン
- (5) 標的駆動装置
- (6) 表面鏡
- (7) パルスコイル
- (8) セラミック絶縁ダクト
- (9) ヨーク (珪素鋼板)
- (10) ブリッジコイル
- (11) 加速管ソレノイド
- (12) 加速管

図1 改造型陽電子源

空ダクトの上から巻き付けている。真空中にコイルを入れる場合よりコイルの径がどうしても大きくなるため、磁場の分布も広がる。従って、これまでのコイルとの磁場分布の違いを少なくし、かつ周りの金属での渦電流を抑えるために珪素鋼板(0.35 mm)を重ねたヨークを使用している。図2に磁場分布を示すが、ヨークの効果でパルスコイルの磁場はこれまでのものとほぼ同じものが得られた。また、橋渡しコイルは冷却効果の関係で間隙を約1/3埋めるに留まったが、現在、より強力なものに更新中である。また、これまで230 mmあった標的と加速管の距離は123 mmに縮められた。

この改造により陽電子の収量を損なうことなく、第1の目的は達せられ新型の陽電子源は今日まで順調に働いている。また、第2の目的は橋渡しコイルの更新後試験される予定である。

一方、新型の欠点はコイルのサイズが大きくなるために自己インダクタンスも大きくなることである。電源からコイルまでの線路も含めて5.2 μH であったインダクタンスが15.5 μH に増加した。電源の充電電圧が一定の時、コイルに流れるピーク電流は $(C/L)^{1/2}$ に比例するため、コイルに流す電流をこれまでと同じにするにはコンデンサーも同じ割合で増やさねばならず、パルス幅 $(LC)^{1/2}$ に比例) が約3倍に広がったことである。

4. 今後の方向

トリスタンへの陽電子の入射はほぼ要求を満たしつつあるが、陽電子ビームへの需要は今後PFリングへの入射にもともなって、益々大きくなりつつある。以上に述べた改造の他にもPFリニアックに入ってからからのビーム損失を少なくするための集束系の強化も進めている最中である。今後は陽電子ビームの電流を増すと共に、故障時の診断や復帰がより迅速に行われるように整備を進めていく必要がある。

参考文献

- 1) PHOTON FACTORY ACTIVITY REPORT 1986, p. 33-52
- 2) A. Enomoto et al., Proc. of the 8th Meeting on Linear Accelerators (1983) 38
- 3) S. Ohsawa, private communication.
- 4) G. Stange, Interner Bericht DESY S1-73/4 August 1973
- 5) R. Chehab et al., to be published.

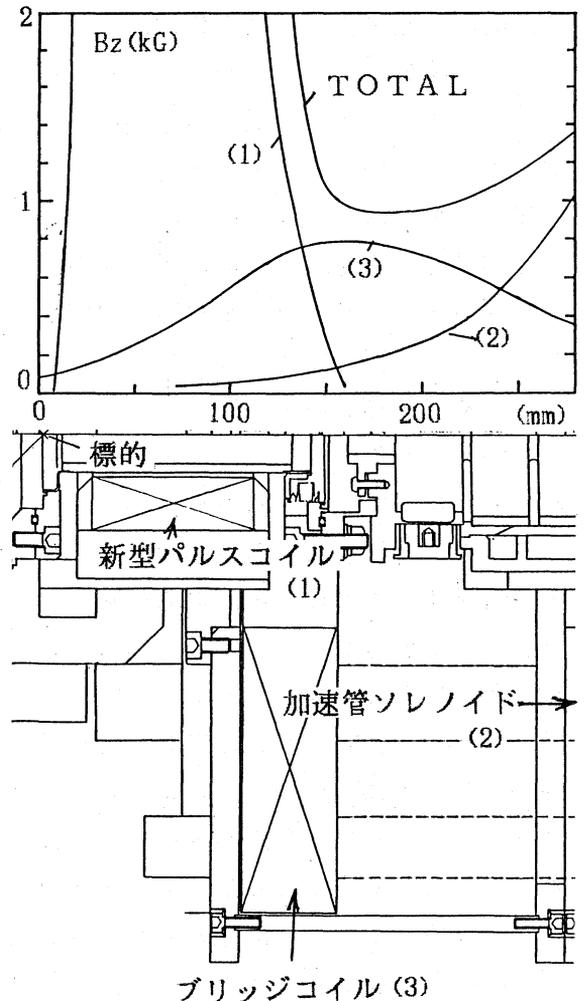


図2 陽電子集束磁場分布