

[F18p05]

## Brightness Enhancement of the Slow Positron Beam Produced with the S-Band Electron LINAC at ISIR, Osaka Univ.

T. YAMAGUCHI, M. TASHIRO, Y. HONDA, N. KIMURA, T. KOZAWA,  
G. ISOYAMA and S. TAGAWA

*The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University  
8-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567-0047, Japan*

### Abstract

The slow positron beam has been produced with the electron LINAC and transported along the magnetic field. To obtain a high brightness positron beam, positrons are extracted from the magnetic field and transported by the electrostatic lenses. Though the positron beam diverges at the extraction section because the transported positrons conserve angular momentum as the initial orthogonal energy spread. Therefore the extraction section and electrostatic transport systems are optimized. The diameter and the intensity of the transported beam are  $\sim 1$  mm and  $\sim 10^4$  /sec respectively.

### 阪大産研 S バンド電子ライナックを用いて生成した低速陽電子ビームの高輝度化

#### 1. はじめに

阪大産研では S バンドライナックを用いて低速陽電子の生成及び利用に向けた研究を進めている [1]。陽電子発生部ではライナックにより 100 MeV に加速された電子ビームをタンタルコンバータに入射し陽電子を生成している。ここで生成した陽電子は高速かつ白色であるため我々が必要としている低速単色陽電子とは全く異なる。このため、コンバータ直後にモデレータを設置し、この物質による熱化再放出現象を利用して陽電子を単色化する。本装置では大強度の陽電子ビームを得る為モデレータを大型化、多段化している。単色化した陽電子は磁場輸送系によって測定室まで輸送される。

低速陽電子ビームを各方面に利用するためには、さらにビームの径を絞り、エネルギーを揃えなければならない。また、陽電子輸送には磁場輸送系を使っているが RHEPD (Reflection of High Energy Positron Diffraction) 等非磁場中でのビームを得たい場合、陽電子ビームの磁場から自由空間への引き出しが必要となる。

本研究では、第一に磁場輸送系から陽電子ビームを引き出し、第二に磁場の存在しない自由空間での静電場による集束、第三に自由空間での再放出現象を利用し、単色化を行った。

#### 2. 引き出し及び輝度増強

磁場からの引き出し部での問題点として、次の点がある。

陽電子発生部での横方向の運動量は陽電子を発生部から磁場輸送系につなげる際、磁力線を絞り込む事によって増加する。磁場輸送系を使用すると、この運動量が保存し引き出し時、磁場を弱めていった場合磁力線の発散により陽電子のラーマ半径が大きくなる。これが引き出し部での問題点となり、引き出し時の発散をまねく。引き出し部におけるビームの発散は、その後の静電集束系にも少なからず影響する。

発生部でのモデレータは多量の陽電子を得るため大型化、多段化している。多段化したモデレータは段階的に電場を与える事ができ、多くの陽電子が得られるが、その反面陽電子のエネルギーに広がりを生じ、このエネルギー広がりには静電レンズを集束する際速度の違いから収差を生ずる。

全体としての陽電子ビームのエネルギー (または陽電子の縦方向の運動量) が大きいと静電レンズ系で集束させる際、電極に印加する電圧を高くしなければならない。しかし、これについては装置の設計及び安全上限界がある。

今回の実験は、陽電子発生部で横方向のエネルギー広がりがなるべく小さくなるようなパラメータを探し、陽電子ビームの磁場からの引き出し、レンズ系の調整を行った。

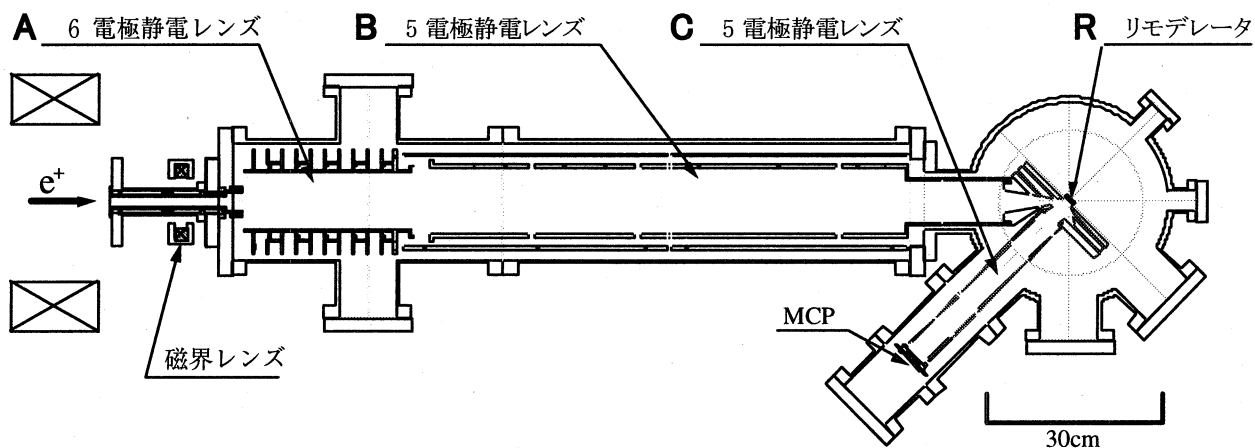


図 1. 引き出し及び、輝度増強部

### 3. 実験装置

図 1 に輝度増強実験装置を示す。この装置は磁場からの引き出し部、6 電極系静電レンズ (レンズ系 A)、5 電極系静電レンズ (レンズ系 B)、リモデレータ部 R、5 電極系静電レンズ (レンズ系 C) から成る。陽電子測定系は像の確認用に MCP (Micro Channel Plate)、陽電子強度の測定は対消滅ガンマ線用に半導体検出器を使用した。

引き出し部には磁場を調節できるように、磁界レンズを装着した。最初のレンズ系 A は、短い静電レンズを配置する事により、すばやく発散を抑えられるよう設置した。2つのレンズ系 A、B を通過した後、陽電子ビームはリモデレータ部へ斜め 45° で入射し、熱化し垂直に再放出した陽電子を次のレンズ系 C で加速、集束を行った。リモデレータ材は発生部のモデレータと同じく 25  $\mu\text{m}$  多結晶タングステンフォイルを、表面処理の為、真空中約 1800  $^{\circ}\text{C}$ 、10 分間アニールしたものを使用した。また、地磁気の影響を少なくする為、各電極を設置したチャンバー外部を  $\mu$ メタルで覆った。

### 4. 実験方法

輝度増強実験は装置の制約上次の 2 つのステップで行った。

まず、引き出し前の陽電子像を確認し、その形状から陽電子ビームの初期値を求めた。この初期値をもとにしてリモデレータまでの各レンズ系 A、B に対する電圧配分を計算した。このとき、リモデレータ部には MCP を設置し、陽電子像を確認できるようにしておき、リモデレータ部で像が適当な大きさであることが確認した後、図 1 レンズ系

A、B の電圧値を固定するようにした。

次に、MCP をリモデレータに交換し、リモデレータ以前のレンズ系 A、B の電圧配分を、固定した値に設定した。同様の手法で最終電極系の調整を行い、最終段での像を確認し、また MCP 上での陽電子の強度を測定を行った。

MCP 上の像は CCD カメラで計算機に取り込み、電極系の計算はトランスフォーマトリックスを使用した[2]。

### 5. 結果・考察

引き出し前の陽電子像を図 2 に示す。MCP の有効径は 27 mm であることから、陽電子ビームの径は約 20 mm であると考えられる。この場所での陽電子の強度を表 1 に示す。以後の静電レンズ系では、装置の設計上 MCP で像を確認できるのはリモデレータ部であるため、引き出し直後または電極間では陽電子ビームの情報は得られない。従って、この像以降の陽電子ビームの調整は専らリモデレータ部の MCP に頼る事になる。引き出し後の陽電

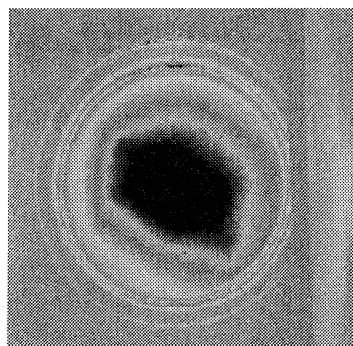


図 2. 引き出し前の陽電子像

子像を確認できるよう、この部分は今後改良する必要がある。

図 1 の陽電子像が電極を経てリモデレータ部で集束したものを図 3.a に示す。ビームサイズは約 8 mm あり、リモデレータに入射するビームとしては満足いくものではなかった。さらに、図 3.b(任意単位)は画像から求まる陽電子の強度分布であり、明らかに大きく広がっていた。しかし、リモデレータ部での像は磁場からの引き出しとの兼ね合い

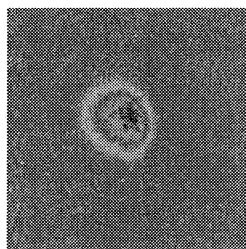


図 3.a.

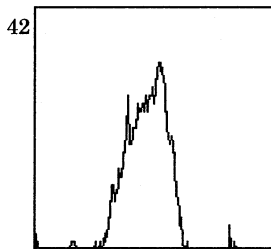


図 3.b.

から、これが最良であると考え、リモデレータ以前の電圧配分として、この像が得られたものを採用することにした(表 2)。

電圧配分を表 2 の値に設定して、ビームをリモデレータに入射し、再放出させ集束させた像を図 4.a に示す。そのビームの強度分布を図 4.b に示す。また、表 1 には、この場所で測定を行った陽電子

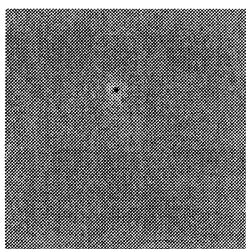


図 4.a.

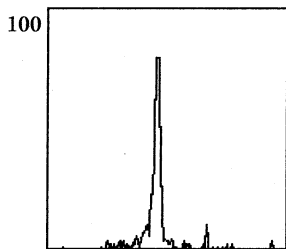


図 4.b.

強度を示す。この像よりビームは約 1 mm 程度の大きさに集束している事がわかった。また、図 4.b によるとビーム強度が約 2 倍、図 3.a と図 4.a のビーム径を直接比較すると倍率は約 0.1 倍となっていた。この倍率は数値計算で求めたものとはほぼ一致していた。

表 1 に各 MCP 上での陽電子強度を示す。これより、磁場からの引き出し以降輝度増強部までは、輸送効率が 0.1 % 程度しかない事がわかった。必然的にリモデレータによる再放出効率がおおよそ 30 % 含まれているにしても、輝度増強部の輸送効率が 0.1 % というのは非常に小さい値である。これは、磁場からの引き出し部での発散、その後のリモデ

表 1. 各 MCP 上での陽電子強度

	Intensity (/sec)
引き出し前	$3.18 \times 10^6$
最終 MCP	$5.42 \times 10^3$

表 2. レンズ系 A、B 電極系電圧配分

電極番号	印加電圧(V)
1	0
2	-5480
3	337
4	135
5	371
6	34
7	-3300
8	-196
9	-4088
10	-10000
11	-1194

レンズ系 A は 1~6、B は 7~11

レータにいたるまでのレンズ系 A、B での発散、リモデレータ付近の複雑な電極による不正電場等によって、多数の陽電子が失われたためであると考えられた。

## 6. まとめ

磁場中を輸送した陽電子ビームを磁場から引き出し、静電場中を輸送、集束させ再放出し、輝度増強をおこなう実験を試みた。磁場からの引き出しによる発散が大きく、その後のリモデレータまでのレンズ系 A、B で適切に陽電子が輸送できなかったため、期待したビームはリモデレータ部では得られなかった。最終的に陽電子ビームは全半値幅で 1 mm 径のものが得られたが、このビーム強度は低く、引き出し前の強度と比較して 0.1 % に減少した。この主な原因は引き出し部でのビームの発散であると考えている。

## 参考文献

- [1] Y. Honda *et al.*; "PRESENT STATUS OF SLOW POSITRON FACILITY BASED ON THE S-BAND LINAC IN ISIR, OSAKA UNIV.," *Proceedings of the 22<sup>nd</sup> Linear Accelerator Meeting in Japan*, 255(1997).
- [2] D.Chio *et al.*; *Rev. Sci. Instrum.*, 566 Vol. 45 No. 4 (1974).