

# Improvement of Beam Quality of the Intense Monochromatic Slow Positron Beam Using an Electron LINAC — Brightness Enhancement —

M. Hirose, Y. Ito, \*I. Kanazawa, \*\*O. Sueoka, \*\*\*S. Takamura, \*\*\*K. Masiko and \*\*\*S. Okada  
University of Tokyo, \*Tokyo Gakugei University, \*\*Yamaguchi University, \*\*\*JAERI

## Abstract

Intense monochromatic slow positron beam has been produced using a 100 MeV electron LINAC of JAERI-Tokai. The intensity of the beam was about  $3 \times 10^7$  e<sup>+</sup>/s (at 1/10 of the full power operation) and the beam size was about 10 mm $\phi$ .

In order to use the beam for positron diffraction and microscope experiments, it was extracted from the solenoid magnetic field to non-magnetic one and then was brightness enhanced. The beam size was reduced to 0.5 mm $\phi$  after the second re-moderation. The beam is probably the strongest of the brightness enhanced slow positrons at present.

## 電子線 LINAC を用いた高強度単色低速陽電子ビームの線質向上 — 輝度強化 —

### 1. はじめに

我々大学・原研共同研究グループは、原研 100 MeV 電子線 LINAC を用いて、高強度の単色低速陽電子ビームを発生させることに成功している。強度は  $3 \times 10^7$  e<sup>+</sup>/s、電流にして 5 pA (1/10 出力運転時)、slow e<sup>+</sup>/e<sup>-</sup> 変換効率は、 $5 \times 10^{-7}$  である。ビーム輸送にはソレノイド磁場を用い、そこでのビーム径は 10 mm 程度である。<sup>[1]</sup>

単色低速陽電子ビームを回折や顕微鏡に用いるには、磁場系から非磁場系(静電場系)へのビーム移送および輝度強化が必須課題となる。輝度強化には、陽電子特有の再放出現象を巧みに利用した手法がある。これは、数 keV に加速した陽電子をレンズで収束し、減速材に投入してから再放出させ輝度を上げる、といったものである。我々はこの手法を 2 段使用して、ビーム径を 0.5 mm $\phi$  にまで絞り込むことに成功した。電子線 LINAC による高強度の単色低速高輝度陽電子ビームとして、世界初のものと思われる。

ここでは、これまでの線質向上研究の経緯及びこれからのビーム利用の展望について述べる。

### 2. 磁場系から非磁場系へのビーム移送

ソレノイド磁場によって輸送されてきた低速陽電子を非磁場系(静電場系)に移送するために、ソレノイド磁場の終端直前で加速して同時にレンズで収束する、という方法を使用した。このためにまず低速陽電子発生部、ソレノイド磁場輸送管及びそれに付随する諸電源全体を +10~+20 kV 引き上げた。ビーム加速の後にはアインツェルレンズ 3 段を用いて収束した(図 1)。また予備実験として RI による低速陽電子を用いて移送率を測定したところ、ほぼ 100% というデー

タが得られた (図2)。しかしながらLINACによる本実験では、ビームの広がりのために移送率は60%程度であった。

Brightness - Enhanced  
Intense Slow Positron Beam

Ac : Accelerating Grid  
W<sub>1</sub> : W re-moderator 1  
W<sub>2</sub> : W re-moderator 2

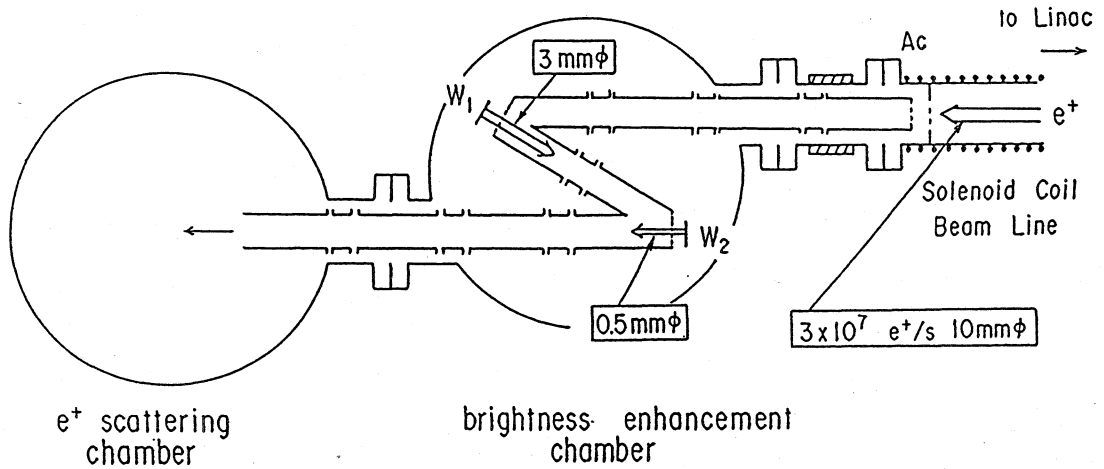


図1 陽電子輝度強化実験装置

3. 輝度強化

静電場系に引き出された陽電子は2~5 keVに加速された後、減速材 (re-moderator: W<sub>1</sub>) 上に集束される (図1)。このときの打ち込み深さは陽電子の拡散距離程度であるので、減速・熱化された陽電子のかなりの部分が消滅しないで表面に戻ってくる。このとき負の仕事関数によって陽電子は表面に垂直に一定のエネルギー (~2eV) で外に押し出される。結局全体でみると、エネルギーや発散角を変えることなく、ビーム径を小さくして輝度を上げることができる。我々はW<sub>1</sub>から再放出された高輝度ビームをもう一度減速材 (W<sub>2</sub>) 上に集束・再放出させることによって、最終的にビーム径を0.5 mmφにまで絞り込むことに成功した (図3)。ただし、ビームがパルス状であることやバックグラウンドが高いことなどが理由で未だ定量測定には至っていない。今後更に改良を加えた後このビームを試料チャンバーに導き、0.1 mmφ以下にまで集束させる予定である。

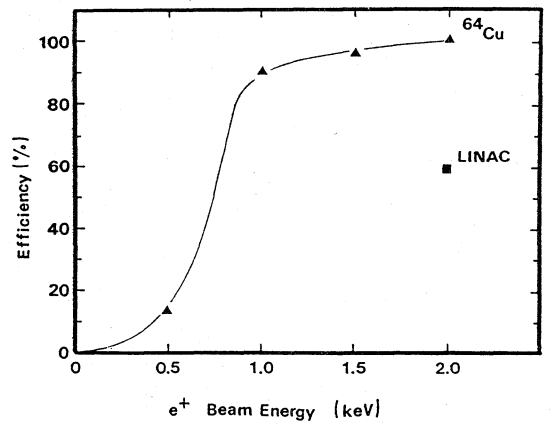


図2 磁場系から静電場系への陽電子移送率

#### 4. 高輝度陽電子ビーム利用の展望

得られた高輝度低速陽電子ビームの利用法としては、1) 物質表面・表面近傍の陽電子消滅、2) 電子分光の諸手法を陽電子に置き換えた研究、3) 陽電子の再放出過程を用いた表面のキャラクタリゼーション、に大別できる。

我々がまず予定しているものは2)に含まれる反射高速陽電子線回折(RHEPD)である。RHEPDの特長は、負の陽電子仕事関数によって起こる最低次ブラッグ反射を含めた全反射が利用できることである。これによって表面だけの熱振動・吸着構造などを選択的に観察できる一方、入射角度を大きくできるのも大きなメリットである。

次に予定しているものとして3)に含まれる陽電子再放出顕微鏡(PRM)が挙げられる。これは負の仕事関数を利用した陽電子ならではの顕微鏡で、表面近傍の点欠陥などを観察する有力な手段となりうる。

この他例えば陽電子消滅誘起イオン脱離(PAISD)なども計画されており、表面の吸着等についての相補的あるいはより詳細な情報が得られるものと期待されている。

#### 5. まとめ

LINACを利用して得られた高強度単色低速陽電子ビームの輝度強化に成功した。今後更に陽電子再放出率の向上や輝度強化装置のopticsの改良等を行いビーム径を0.1 mmφにまで絞り込んだ後、RHEPDやPRMなどに応用していく方針である。

#### 文献

[1] Y. Ito et. al., Proc. 14th Linear Accelerator Meeting in Japan, 1989, pp. 185-188

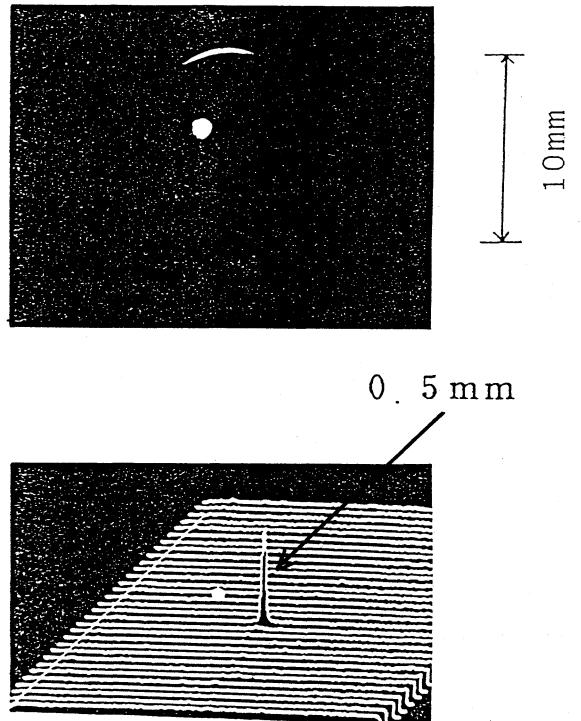


図3 高輝度低速陽電子ビーム