

20-P22

SLOW POSITRON SOURCE USING S-BAND ELECTRON LINEAR ACCELERATOR  
IN OSAKA UNIV.Yoshihide HONDA, Tamotsu YAMAMOTO, Shuichi OKUDA, Juzo OHKUMA,  
Takayoshi YAMAMOTO, Masanobu NUNOGAKI and Takio TOMIMASU \*Radiation Laboratory, The Institute of Scientific and Industrial Reserch, Osaka University,  
8-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567, Japan

## ABSTRACT

Slow positron source using S-band electron linear accelerator was developed. The transport system of slow positron beam, so far, was made electrostatically. In this system, however, it was very difficult for measuring the number of transported positrons because of much background radiation. Therefore, positrons had to be transported far away from the production room. In this case, however, there were another problems such as the degradation of transport efficiency and existence of terrestrial magnetism. In order to avoid these problems, magnetic transport system was adopted instead of electrostatic one. In this paper, the design of magnetic transport system and the preliminary experimental results are presented.

## 阪大Sバンドライナックを用いた低速陽電子源

## 1. はじめに

これまで電場だけを用いた輸送系で陽電子量の測定を行ってきたが、バックグラウンド放射線の量が非常に多く、このため試料容器を陽電子発生部から遠く離さなければならないこと、地磁気の影響が無視できず、磁気遮蔽を装置全体に施す必要があること、などの理由により、陽電子輸送方式を磁場輸送方式に変更し、この装置の設計・製作及び電子ビームを用いた予備実験及び陽電子輸送実験を行った。

## 2. 磁場輸送系の設計

陽電子をモデレーターから効率よく磁場を用いて引き出し、且つ輸送するために、以下の点を考慮し設計を行った。特に重要となるのは、1)モデレーターから引き出される陽電子ビームをどこまで絞ることができるかの評価、及び2)放射線が陽電子発生室から、輸送系の壁の穴を通して他室に漏洩するのを防ぐために設けてある曲管部でのドリフト量の評価である。

1)陽電子ビームの引き出しでは、ミラー磁場による反射が起こる可能性がある。タングステンフォイルから放出される陽電子がラーマ運動により他のタングステン

イルに当たらないようにするためには、6G以上の磁場をモデレーター内に作らなければならない。ビーム径を1cm(約1/6)に絞るためにモデレーターの中で約10G、ミラー磁場は約220Gが得られるようコイルを配置した。この時、反射を起こさないための陽電子速度は100eV以上が必要である。

2)曲部での陽電子軌道のドリフトに関しては、磁場勾配ドリフトによる像のシフトは、磁気ミラーで反射される条件に近くなると急激に大きくなるが、これより小さい磁場の時には曲率ドリフトの方が支配的である。曲率ドリフトは陽電子のエネルギーが高くなるほど問題となってくるため、これを補正するために、曲部に補正コイルを設置することにした。

## 3. 実験装置

モデレーター中の磁場は10G程度であるから地磁気の影響が現れる。この影響を避けるためにこの最初のヘルムホルツコイルを可動にした。また真空容器は、操作のしやすさ、放射化の問題等の理由からアルミ合金製である。真空に関しては、到達真空度を $10^{-9}$ Torr とするため、2~3mおきにイオンポンプを設置してある。イオンポンプ位置ではソレノイドコイルが分断されるため、この部分はヘルムホルツコイルで磁力線をつないでいる。

\* FEL Res. Inst., Inc

コイルの線材はアルミ線とし、被覆は通常の樹脂系統より耐熱が高い、平角の紙巻き線を使用している。コイルボbinはコイルを巻いた後でも移動を可能にするために、ユニット化し、最長でも1m程度である。実験は図1(b)中でM4で示されている位置まで組み上げ、この部分で陽電子像を観測することにした。

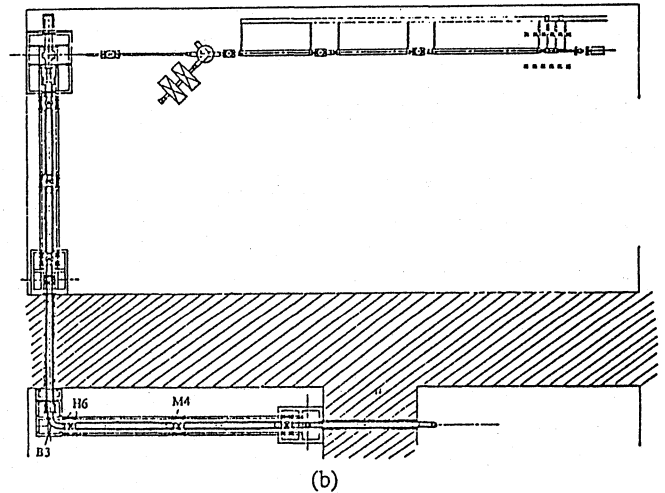
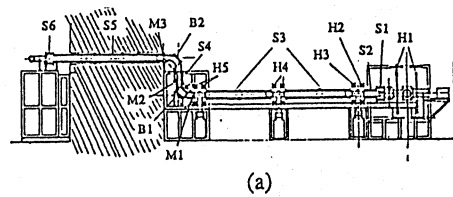


図-1 (a)第1照射室内での陽電子輸送系の立面図  
(b)陽電子輸送系の平面図

#### 4. 電子を用いた輸送実験

本実験の目的は陽電子軌道シミュレーション用電子銃を製作し、電子ビームを用いて予備実験を行うことで、実際に起こるトラブルを事前を知ることであった。そこで、陽電子ビームラインを組み上げていく過程で電子ビーム像のモニターを順次行いながら、M4位置まで陽電子ビームラインを製作し、ここで全体を通しての計測を行った。この過程で得られた像を図2、3に示す((a)~(c)はM1~M3位置で得られた像に対応している)。実験は主に電子銃付近の磁場分布を変化させ、電子の引き出し電圧は1kVであった。それぞれの図に対応する各コイル電流は、図-2に対しH1=3A、H2~H3=4.5~5A、H4~H5=5A、S1=5A、S2~S4=10A、B1~B2=10Aで、図3ではH1=5A、H2~H3=4.5~5A、H4~H5=5A、S1=8A、S2~S4=10A、B1~B2=10Aであった。。このうちM3での像はミラーを用いて像を観測しているため、左右がM1、M2での像に対し反転している。また片方の像が中心部で割れているように見えるのは、蛍光板のためである。像の位置関係が水平面から傾いているのは、ヘルムホルツコイルの軸がソレノイドの軸と整合していないためと考えられる。図2のM1位置での2つの電子ビーム像の平均距離はそれぞれ約13mm、18mmである。この結果から電子引き出し部での磁場勾配を大きくしたときには像間隔は縮まるが、これに伴いラーマ半径が増大するため、像としては径が大きくなるのがわかる。図2で中空の像が得られているが、これは特に中心軸から離れた部分では、磁力線が電子銃のカソードと垂直に交差しないため、電子銃から放出される電子は集団として磁力線に対しある角度を持って放出されることになる。このため全体としてラーマ運動をすることになり、中空の像が得られたと考えられる。従って、陽電子像の歪みも中心部から離れるほど顕著になることが予想される。この中空部分の径は電子銃を囲むミラー磁場を傾けることで、変化させることができるが、2つの像から中空部分を取り除くことは、磁力線の向きを変えることだけでは不可能で、磁場の強度分布を変えなければならない。またM2位置では電子が曲部を通過したため、ドリフトにより約1~2cm程度のシフトが観測されたが(このためビームが蛍光板の支えに当たり一部像が欠けている)、M3位置では、電子は2カ所の曲率の符号が異なる部分を通過するので、ドリフト方向が互いに

打ち消しあうため、像のシフトは顕著ではなかった。しかし、現実には曲部間でシフトが起こっているため、ビーム径が大きいときには調整が必要となる。像のシフトに関しては、ドリフトによるシフトとは別に、曲管の曲率半径方向(外側)に像がシフトするのが観測された。これは、曲部内の磁場は、理想的な場合と異なり、特に外側でコイルの巻きむらにより曲管外に逃げてしまっているため、あるいは曲部の磁場とヘルムホルツコイル、ソレノイドコイル磁場との間で整合がとれていないため、像は外側にシフトしたと考えられる。これを補正するためのコイルを設置することで、像を歪ませることなく移動させることができた。

#### 5. 陽電子生成・輸送実験

低速陽電子ビーム発生実験は図1(b)のM4の位置まで組み上げた段階で行った。計測は蛍光板付きMCP(浜松ホトニクス製; F2225)をM4の位置に設置し、主に陽電子ビームの形状を観測した。ライナックのビーム条件は、エネルギー: 105MeV、パルス幅: 2μs、ピーク電流: ~40mA、繰り返し: 10pps、コンバーターでのビーム径: ~2cmであった。陽電子輸送系でのコイル電流をH1=12A、

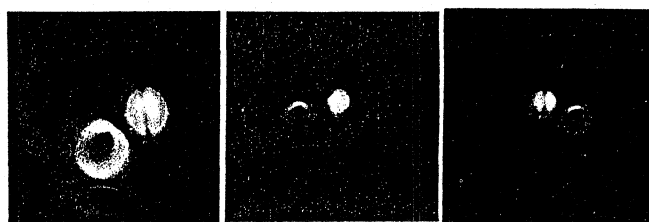
H2~H5=8A、H6=10A、S1=0A、S2=8A、S3~S7=10A、B1~B3=10A とし、モデレーターの各層にそれぞれ1、1.1、1.2、1.3kVの電圧を与え、メッシュをアースにしたときに得られた像を図-4に示す。図中の縦線は、モデレーターに引き出し電圧を印加した時だけ現れることから、これが陽電子ビームの像と判断でき、縦線はモデレーター内のタングステンフォイル間に対応していると考えられる。陽電子像の大きさは約2cmであること、縦線の本数が5本程度であり各タングステンフォイル間の距離は1cmであることから、約1/3に絞られていることがわかる。また陽電子像で、左側がかけているのは、陽電子が第1照射室内の最初の曲部を通過中、あるいは通過した後にドリフトにより真空配管に当たってしまったためか、あるいは発生部から引き出されていく途中で削られてしまった結果と考えられる。また、下方に明るい部分が見えているが、これは引き出し電圧の有無に関わらず現れ、陽電子引き出し部の磁場強度を変えると像の形状が変化することから、モデレーター付近から輸送されてきた電子の像と考えられる。このように電子と陽電子の像が分離できているのは、ドリフトにより生じたと考えられる。

## 6. まとめ

本年度新たに設計・製作した磁場輸送系でのビームラインを用いて陽電子の発生・輸送を行うことができた。電子ビームを用いたときの実験結果のまとめを以下に示す。

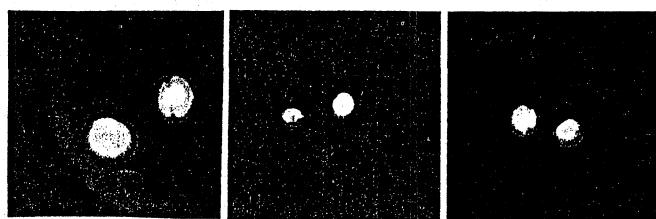
- ・磁場を用いることで、電子をほとんど失うことなく輸送することが可能であることがわかった。
- ・曲部を通過することで像は若干ひずむが、大きく像の形状が変化することはない、また、ドリフトや磁場の漏れによるビーム軌道のシフトは、補正コイルにより修正可能であることがわかった。
- ・電子ビームを引き出し部で十分絞り込む磁場配位では、像全体としては大幅に縮小することは困難であることがわかった。しかし陽電子に関しては、初期条件が異なるため、実際に実験で確かめる必要がある。

陽電子発生・輸送実験に関しては、現在のところ発生を確認できたのだが、電子も同時に輸送されてくるといふ、新たな問題も発生した。この問題に対しては、曲部を通過するときに電子と陽電子は互いに反対方向にシフトすることから、これを利用し、曲部を出た直後にアパーチャーを挿入し、積極的に電子を排除する方法を検討中である。



(a) (b) (c)

図-2 電子ビームの像  
(a)-(c)はそれぞれ図-1の位置で得られた像



(a) (b) (c)

図-3 電子ビームの像  
(a)-(c)はそれぞれ図-1の位置で得られた像

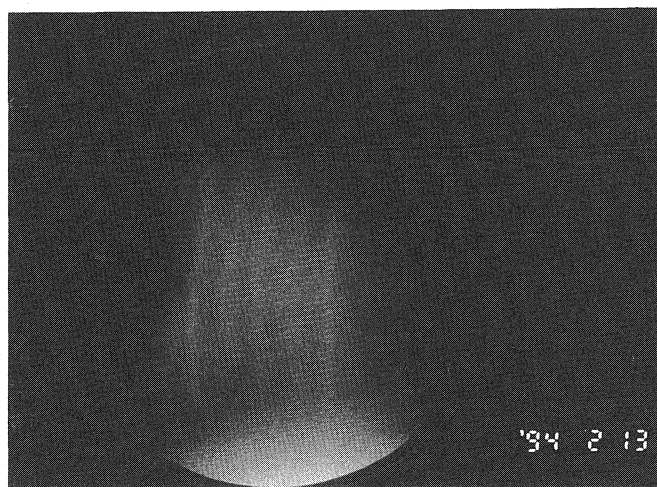


図-4 MCPの蛍光板に現れた像