

# Slow-Positron Facility at the Electrotechnical Laboratory [II]

Tomohisa MIKADO, Ryoichi SUZUKI, Mitsukuni CHIWAKI,  
Tetsuo YAMAZAKI, Takio TOMIMASU, Toshinobu CHIBA,<sup>A</sup>  
Takashi AKAHANE,<sup>A</sup> Shoichiro TANIGAWA,<sup>B</sup> and Nobuhiro SHIOTANI<sup>C</sup>  
Quantum Technology Division, Electrotechnical Laboratory  
<sup>A</sup>National Institute for Research in Inorganic Materials  
<sup>B</sup>Institute of Materials Science, The University of Tsukuba  
<sup>C</sup>The Institute of Physical and Chemical Research

## ABSTRACT

A new facility which produces high-intensity slow positrons by the use of an electron linac has been constructed at the Electrotechnical Laboratory. High-energy positrons generated in a tantalum cylinder, whose diameter is 10 mm, through pair-creation processes are moderated in well-annealed high-purity tungsten ribbons of 25  $\mu\text{m}$  thick. A linear-storage section of 4 m long has been successfully introduced to stretch pulse duration of slow positrons of several  $\mu\text{sec}$  to more than 10 msec. Half-life of slow positrons stored in the section is about 10 msec. At present,  $\sim 10^7$  slow positrons are obtained at the end chamber of the transporting system of 22 m long with  $\sim 4\text{-}\mu\text{A}$  incident electrons.

## 電総研低速陽電子研究施設 [II]

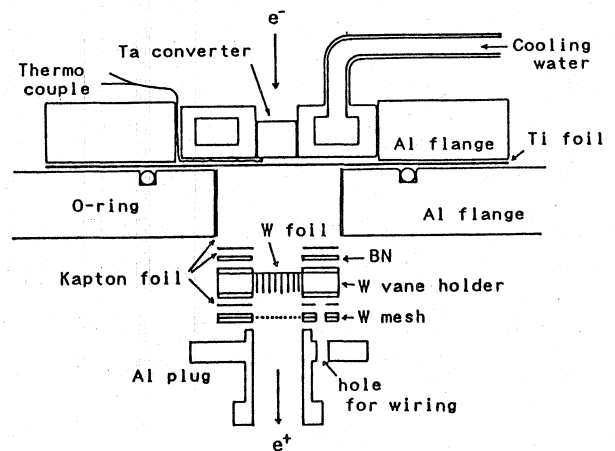
### 1. はじめに

電子技術総合研究所, 無機材質研究所, 筑波大学, 理化学研究所の4機関は, 昭和61年度より電総研リニアック棟において, 電子リニアックを利用して高強度の低速陽電子ビームを発生させるプロジェクトを実施している。そのプロジェクト全体の概要については, 過去2度の本研究会で報告している。

昨年の報告以後, 低速陽電子の生成効率を向上させるために, 電子-陽電子変換装置(コンバーター)および陽電子減速装置(モデレーター)に対して種々実験的検討を加えてきた。それに併行して, このプロジェクトの大きな目標の一つである“直流化装置”の実用化にも取り組み, 質・量の両面で世界最高レベルの低速陽電子ビームを発生させることに成功した。ここでは, コンバーターおよびモデレーターの形態による低速陽電子収量の変化, 完成した直流化装置の性能等について報告する。

### 2. コンバーターおよびモデレーター

よく言われているように, 高エネルギー電子によって低速陽電子を発生させる場合, それが2段階のプロセスであることもあって, 総体としての変換効率(電子エネルギーによって多少の差異はあるものの)通常僅かに $10^{-6}$ 程度である。このことは, 入射電子を有効に利用して高強度の低速陽電子を得るためには,

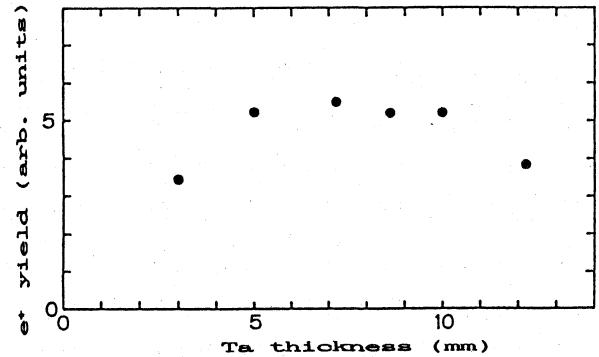


第1図 現在使用中のコンバーター・  
モデレーター・アセンブリ

コンバーターでの変換効率やモデレーターでの減速効率を僅かでも高める必要があることを意味している。

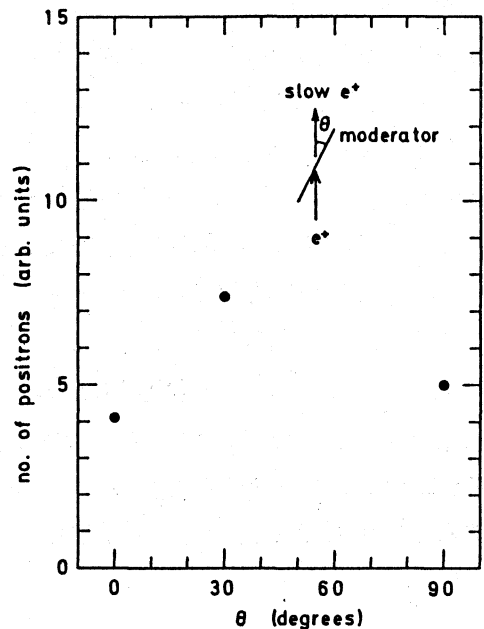
既に報告しているように、このプロジェクトではコンバーターとして直径約10mmのTa丸棒、モデレーターとして厚さ約25 $\mu$ m(1ミル)のタングステン・リボンを並べて使用している。しかし、コンバーターの厚さやモデレーターの幅、ビームに対する傾き、等の最終的な形態が未確定であるため、これらを決定するための実験的な探索が容易に行えるよう、第1図に示すようなコンバーター・モデレーター・アセンブリを使用している。

最適なコンバーターの厚さを見いだすために~75 MeVの電子ビームを種々の厚さのTaに射したときに生成する低速陽電子の量を測定した。その結果を入射電子量で規格化しTa丸棒の厚さの函数として示すと第2図のようになる。このことから、少なくとも75 MeV電子に対しては、5-10mm(おそらく7mm近辺)のTaが適当であろうと考えているが、今後さらに詳しく検討してみたい。



第2図 コンバーターの厚さによる低速陽電子収量の変化

モデレーターの減速効率について定量的な評価を行うのは、コンバーターの変換効率の場合よりもさらに困難である。それは、熱化された陽電子をモデレーターから取り出すためには、陽電子に対するモデレーターの仕事函数(-1 eV程度)という微妙なものを利用していることによる。つまりモデレーター素材の純度、水素分子との親和性、吸着ガス、結晶の欠陥、等が減速効率に大きな影響を及ぼすことを考慮に入れなければならない。従って、モデレーターを装着する前のアニール温度やその後の処理のみならず、モデレーター周辺の真空度、使用中のモデレーターの温度、さらにはそれまでの使用時間等によっても結果に大きなバラつきが生ずる。そのような条件をできるだけ同一に保ちながら、高エネルギー陽電子に対するモデレーターの傾斜を変えたときの低速陽電子収量を傾斜角の函数として示すと第3図のようになる。これによると、陽電子に対してモデレーターを多少傾けて使用することが有利なようである。



第3図 モデレーターの傾斜角による低速陽電子収量の変化

最近では第1図に示してあるように、入射陽電子に対して垂直方向にタングステン・シートを置き、さらに陽電子に対して平行の方向にタングステン・リボンを並べたモデレーターをも試みている。この場合は、アニール温度を2500°C以上に高めていることもあって、断定的に言うことはできないが、この方式では第3図に示してある最も良好なケースの2-2.5倍ほどの収量を得ている。

あらかじめ強度既知のRIで計数効率を較正してあるBaF<sub>2</sub>あるいはプラスチック・シンチレーターを使用して、低速陽電子輸送系終端に設置してある反応槽で生ずる消滅 $\gamma$ 線を計数することにより、反応槽に到達する低速陽電子数を見積った。この結果、現時点で平均電流~4 $\mu$ Aの入射電子に対して~ $1 \times 10^7$ 個/secの低速陽電子を得ていることを確認した。

### 3. 直流化装置

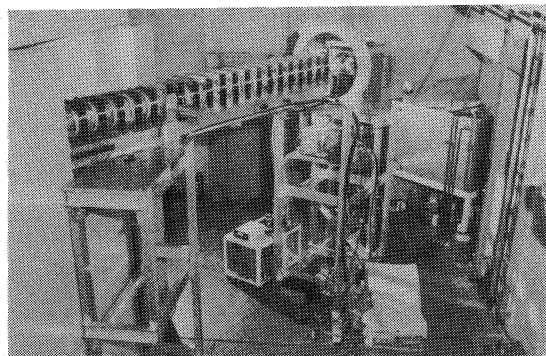
このプロジェクトでは、発生させた低速陽電子の有効な利用を実現するために、陽電子を電磁場で規定される直線状の空間に閉じ込める“直線ストレージ法”を採用している。具体的には、全長約2.2mの低速陽電子輸送系の途中に、第4図に示すような実効長4mのペニング・トラップを設置している。上流側電極の電位は、一次電子がコンバーターに入射してから低速陽電子の塊がトラップに到来するまでは0とし、その後は低速陽電子をモデレーター側へ逆流させないために、十分に高く保っておく。このようにしてトラップの中にパルス状の低速陽電子を蓄えておき、適当な時間勾配で下流側電極の電位を低下させると、その電位より高いエネルギーを有する陽電子はトラップから逃れて反応槽へ向かって飛行していく。この方法で、元来は数 $\mu\text{sec}$ にしか過ぎない低速陽電子の存在時間を10msec以上にまで拡張することが可能となる。

この装置の蓄積性能を確認するために、下流側電極の電位をある時間内は十分に高くして陽電子をブロックしておき、その後徐々に低下させて反応槽へ陽電子を送り込むという方法で蓄積陽電子量を測定した。この結果をブロック時間の函数として示すと第5図のようになり、トラップされている低速陽電子の半減時間は約10msecであることが確認される。最終的には電総研リニアックを100ppsあるいはそれ以上の繰り返し周波数で運転する予定なので、この装置を稼働することにより、パルス加速器によるものでありながら実質的には連続的なビームを種々の研究装置に供給することが可能になった。この意味で、本プロジェクトでは直線ストレージ部を“直流化装置”と名づけている。

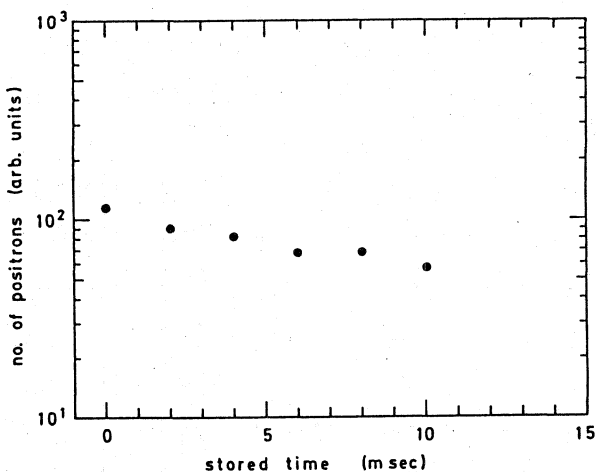
### 4. おわりに

電総研、無機材研、筑波大、理研の4研究機関が共同で推進しているプロジェクトにおいて、コンバーターおよびモデレーターの形態等の条件を種々検討することにより、 $\sim 4\mu\text{A}$ の75MeV電子で $\sim 1 \times 10^7$ 個/secの低速陽電子を発生させ、2.2mに亘る輸送系を経て反応槽へ導くことに成功した。さらに、この輸送系の途中に直流化装置を設置して、パルスの発生している低速陽電子ビームをほぼ直流状のビームに変換することに成功した。これは加速器によって発生させた連続的な低速陽電子としては、世界最高レベルのものである。電総研リニアックの加速能力にはまだ充分の余裕があるので $10^8$ 個/sec程度あるいはそれ以上の低速陽電子を得ることに著しい困難はないものと考えている。

本研究は科学技術振興調整費の研究課題「新ビーム技術による高性能機能材料の分析・評価技術に関する研究」の一環として実施しているものである。



第4図 直線ストレージ部の外観



第5図 ブロック時間による蓄積低速陽電子量の変化