

# Slow Positron Production by the Use of the ETL Linac

Tomohisa MIKADO, Masayoshi OGURA,\* Mitsukuni CHIWAKI, Takeshi NAKAMURA,  
Suguru SUGIYAMA, Tsutomu NOGUCHI, Tetsuo YAMAZAKI, and Takio TOMIMASU

Electrotechnical Laboratory

\*SANYO Tsukuba Research Center

## ABSTRACT

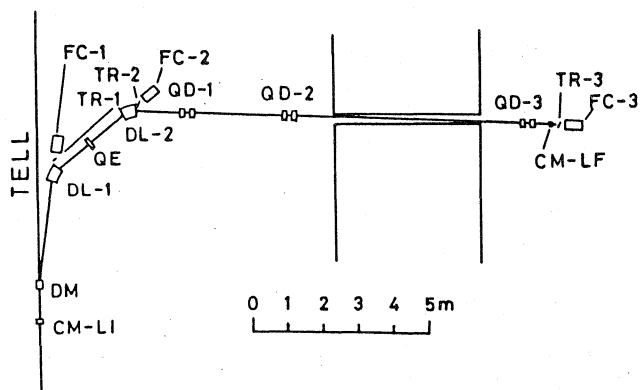
A facility to produce low-energy, high-intensity positron beam is now under construction at the Electrotechnical Laboratory. This report describes the characteristics of beam-transporting system of primary electrons. Also presented is a brief description of an electron-positron converter and a positron moderator.

## 1. はじめに

電子技術総合研究所では、陽電子による消滅 $\gamma$ 線を利用して高機能素子等の表面付近の電子状態、格子構造等を分析・評価する研究を強力に推進するため、その第一段階として今年度より電子リニアックを使用して大強度の低速陽電子ビームを発生させる研究を開始した。早急に取り組むべき課題としては、一次粒子としての電子ビームの増強、電子ビーム輸送系の整備、コンバーター形状の最適化、陽電子減速材の吟味等がある。ここでは、主として入射電子ビーム・トランスポート系の性能を報告し、電子-陽電子コンバーター、陽電子減速材等についても簡単に触れることとする。

## 2. 入射電子ビーム

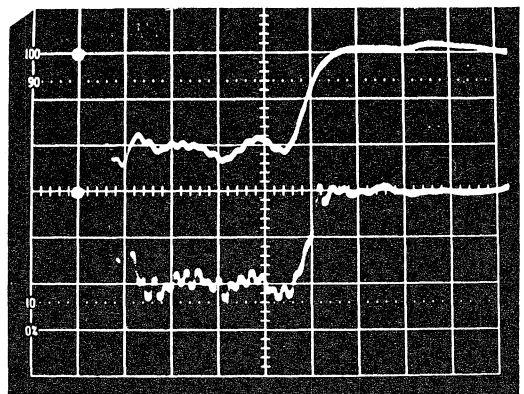
陽電子消滅法は物質の表面近傍の結合電子状態や格子構造を、高感度でしかも精度よく調べることができる手段で、外の手法では得られない種類の情報をもたらすものとして注目され確立されてきており、日本でも世界の先端をいく研究が展開されている。従来は陽電子放出RIから得られる陽電子をそのまま利用(白色陽電子)することが多かったが、最近では適当な減速材を使用して陽電子を一旦熱エネルギー程度に減速し、その後任意のエネルギーにまで加速して利用する低速単色陽電子の利用研究が盛んになってきている。この熱化の過程で大多数の陽電子が失われるため、RIによる陽電子を利



第1図 入射電子トランスポート系

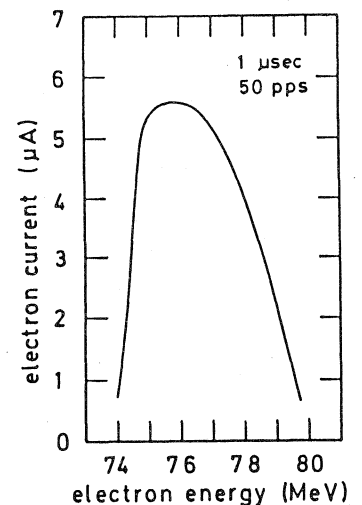
用するのは実際的ではなく、加速器で得た強力な電子ビームを適当なコンバーターに入射させて大強度の陽電子を発生させる方法が重視されてきている。当所で準備中のものもその範疇に属するもので、入射電子のエネルギーは差し当り $\sim 70-80\text{ MeV}$ を予定している。

第1図は、このプロジェクトを実施する低エネルギー・ビーム・トランスポート系を示すもので、偏向電磁石DMによってTELL（電総研リニアック）の加速コースから約 $7.5^\circ$ 偏向された電子ビームは、D-Q-Dのエネルギー分析系を経て低エネルギー実験室へ到達する。要所での加速電流は必要に応じてFC-1, -2, -3で計測でき、ビームの位置およびプロファイルはTR-1, -2, -3でモニターできる。さらに2個のコア・モニター（CM-LIおよびCM-LF）によって、この系統での電子ビームの透過状況を非破壊的に観測できる。第2図の上段にパルス幅 $1\ \mu\text{sec}$ のビームを50ppsで加速したときにCM-LIで観測したビーム波形の例を、下段にはCM-LFで観測したそれを示す。さらにFC-3で測定した電子ビームのエネルギー・スペクトルの一例を第3図に示す。



第2図 コア・モニターの出力波形

H:  $0.2\ \mu\text{sec}/\text{cm}$ ; V:  $50\ \text{mV}/\text{cm}$



第3図 エネルギー・スペクトル

### 3. コンバーターおよび減速材

陽電子を発生させるにはコンバーターに電子が入射することによる制動放射線が対創生を起こすことを利用しているため、一次電子をできるだけ有効にx線に転換することが重要である。また、当然のことながら形状はできるだけ小さいものが取り扱いに便利なので、コンバーター材質の選定に際しては物質のradiation lengthを考慮する必要がある。その外、不必要な放射化が少ないこと、表面状態が安定であること、熱伝導が良好で融点が高いこと、毒性が低いこと等、一般にターゲットを選定する場合と同様の配慮が必要である。これらを考慮してMo, Ta, Wについて予備実験を行って検討した結果、Taが最有力の候補であることを確認した。その厚さについてはほぼ $2.5-3$  radiation lengthを予定しているものの、形状（円筒、円盤、直方体、etc.）とともにさらに実験を行って最適値を見いだしていく予定である。

減速材を選定するときにも、上で述べた一般的な配慮はそのまま適用される。そのうえさらに、単結晶を得やすいこと、陽電子に対する仕事関数が負で絶対値が大きいこと、加工性がよいこと等をも考慮しなければならない。それらを検討してこのプロジェクトでは第4図のような形態のものを計画している。

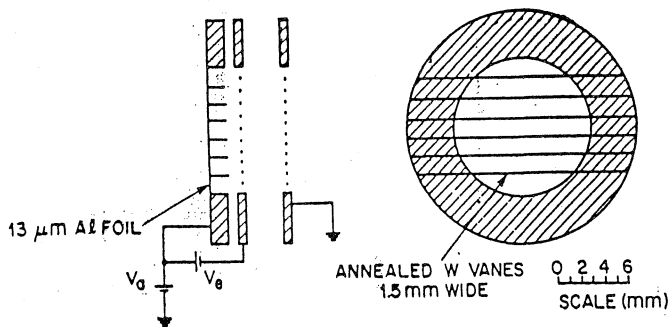
#### 4. おわりに

低速陽電子を利用する立場からは、入射電子ビームの平均強度は $150\mu\text{A}$ 程度以上であることが望ましい。このときの低速陽電子量は、この計画と同様の設備を実現しているLLLにおける実測例からおよそ $10^9$ 個/sec程度と推算される。第3図に示したスペクトルは $1\mu\text{sec}$ 、 $50\text{pps}$ のときのものであるので、パルス幅を $4\mu\text{sec}$ にし、 $300\text{pps}$ で運転すればこの要求を実現できる。今後TELLの電子銃周りの排気系を拡充するとともに、ビーム・ハンドリング装置をさらに強化することを予定している。

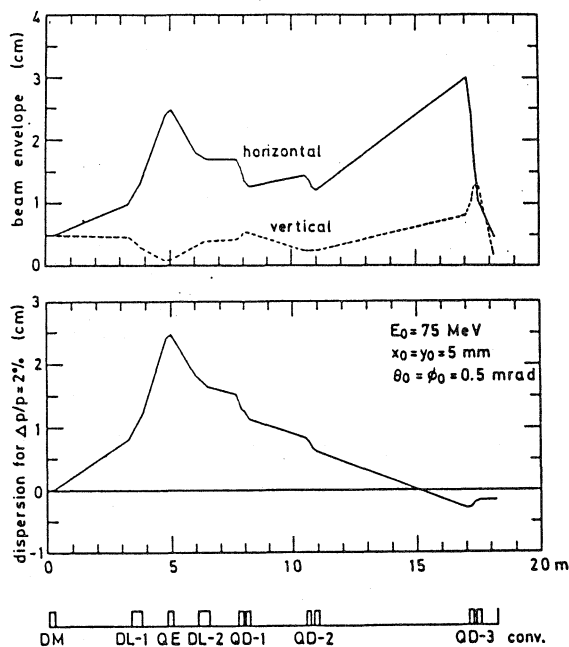
それと並行して、"TRANSPORT"を使用して第1図のトランスポート系について各パラメータの最適値を探索している。一例として入射

電子のエネルギーを $75\text{MeV}$ 、DMの入口での $x$ 、 $y$ をともに $5\text{mm}$ 、 $\theta$ 、 $\phi$ をともに $0.5\text{mrad}$ と仮定して、2%の運動量分散を見込んだときのbeam envelopeおよびdispersionの計算結果を第5図に示す。

このプロジェクトでは、低速陽電子ビームを電場および磁場で閉じ込めて直流化することをも計画しており、世界有数の強力な低速陽電子源が実現することも期待できる。



第4図 陽電子減速材



第5図 TRANSPORTによる beam envelopeおよびdispersionの計算結果