

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

Tomohisa MIKADO, Ryoichi SUZUKI, Mitsukuni CHIWAKI, Masayoshi OGURA,<sup>A</sup>  
Tetsuo YAMAZAKI, Takeshi NAKAMURA, Suguru SUGIYAMA, Tsutomu Noguchi,  
Nobuyuki HAYASHI, and Takio TOMIMASU

Quantum Technology Division, Electrotechnical Laboratory

<sup>A</sup>SANYO Tsukuba Research Center

## ABSTRACT

Construction and refinement of a facility dedicated to slow-positron experiments are about to complete at the Electrotechnical Laboratory. This note reports the present status of the facility. Pilot experiments have shown that half-lives of low-energy electrons stored in a column of 3 m long are several msec. This result encourages the authors to install a linear-storage section at a transporting system of slow positrons to stretch pulse beams to quasi-continuous beams. The feature of a brightness-enhancement section is also given briefly.

## 電総研低速陽電子研究施設 [I]

### 1. はじめに

電総研では昭和61年度より、筑波大学、無機材質研究所、理化学研究所と協力して、電子リニアックを利用して大強度の低速単色陽電子ビームを発生させるプロジェクトが発足した。これは単色低エネルギーの陽電子をプローブとして用いることによって高機能素子、金属等各種物質の表面ないし近表面の電子状態を分析、評価する技術確立し発展させようというものである。

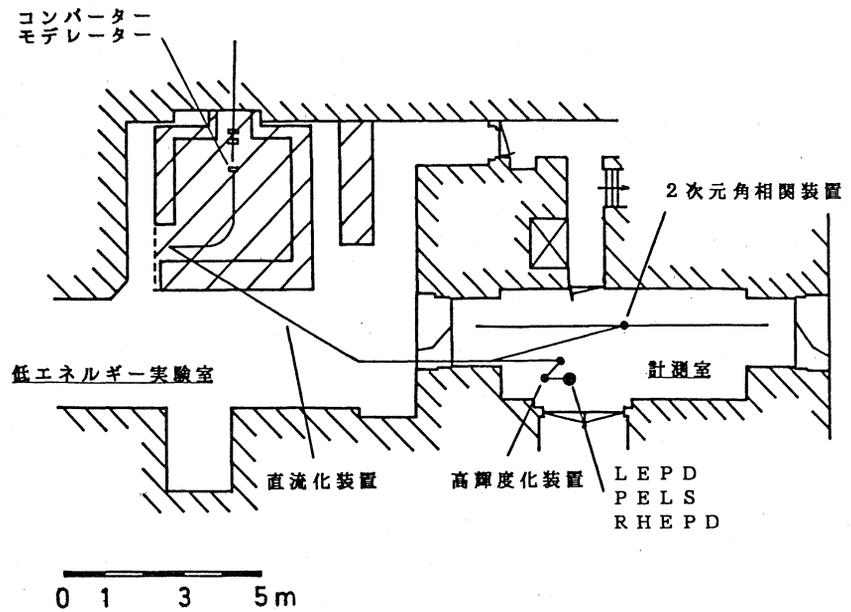
電子-陽電子変換装置（コンバーター）および陽電子減速装置（モデレーター）としてどのような素材および形状のものが適当であるかを決定することは、できるだけ良質で強力な低速陽電子ビームを発生させるという観点からは重要な課題である。それらについては昨年の本研究会において予備実験および文献等による種々の調査結果を交えて報告した。今回は低速単色陽電子ビームの輸送系、直流化装置、高輝度化装置等を中心に報告する。

### 2. 研究施設の概要

本研究施設が設置されている電総研リニアック棟の低エネルギー実験室およびそれに隣接する計測室の概略平面図を第1図に示す。このうち入射電子ビーム輸送系については、加速ラインから低エネルギー実験室への分岐点直後に四重極電磁石対を設置したこと、電子ビームの出口窓を75 cm程度上流に移動したこと等が前回の報告以後の主な変更点である。

最終的に得られる低速陽電子量が一次電子量の高々 $10^{-6}$ 程度であることから、当然ながらコンバーター、モデレーター等からバックグラウンド放射線が極めて多量に発生することが予測さ

れる。このバックグラウンド放射線が計測室にまで到達して、そこで実施する種々の計測に支障を及ぼすことのないよう、入射電子ビーム輸送系の終端部、コンバーター、モデレーター、低速陽電子ビーム輸送系の最上流部等を完全に覆う遮蔽装置を試作した。この遮蔽装置は各辺が約3mの立方体状空間を内包する規模のもので、遮蔽体として電総研考案

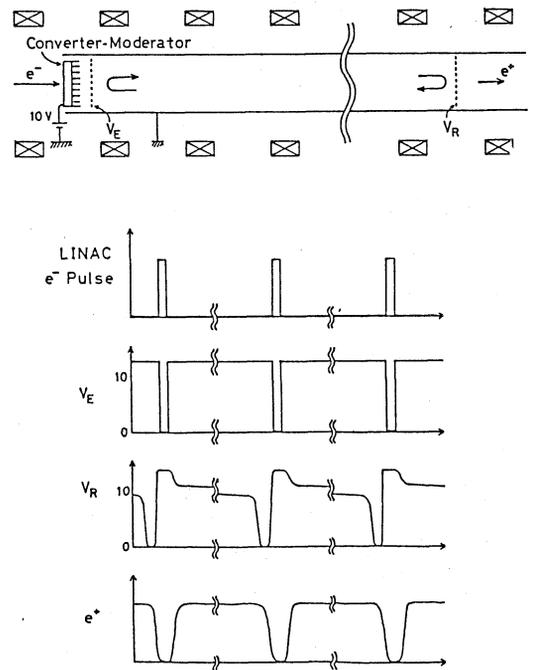


第1図 電総研低速陽電子研究施設平面図

の鉄鉱石ブロックを使用している。遮蔽体の厚さは入射電子ビームの進行方向では70cm、横方向および上部では50cmとなっている。このほか、鉛ブロック、ボロン混合ポリエチレン・ブロック等を使用してコンバーター、モデレーター等を局所的に遮蔽する予定で、現在電子ビームをコンバーターに照射して遮蔽装置外面部、実験室外等での空間放射線量を測定することにより局所遮蔽装置の最終的形態の検討を行っている。

モデレーターで低速化された、ほぼ単色の陽電子ビームを輸送する全長約22mのビーム・ラインは放射化低減を図って、パイプ本体はもとより、各種導入端子、ゲート・バルブ、支持具等に到るまで原則としてアルミニウム製のものを使用している。また低速陽電子ビームの散逸を抑えて研究装置まで誘導するため、ビーム・ライン全体をソレノイド状磁場で包み込むようにしている。

リニアックで発生する電子ビームがパルス状であるため、低速陽電子も必然的に同一周波数のパルス状ビームとして得られることになる。したがってリニアックを300ppsで運転して、最終的な低速陽電子量として $5 \times 10^8$ 個/sec程度を得たとすると、低速陽電子の飛行中にパルス幅が多少広がることを考慮しても、 $10 \mu\text{sec}$ 程度の時間幅内に $2 \times 10^6$ 個程度の低速陽電子バンチが試料等へ到来することになり（これは瞬間的には $10^{11}$  positrons /

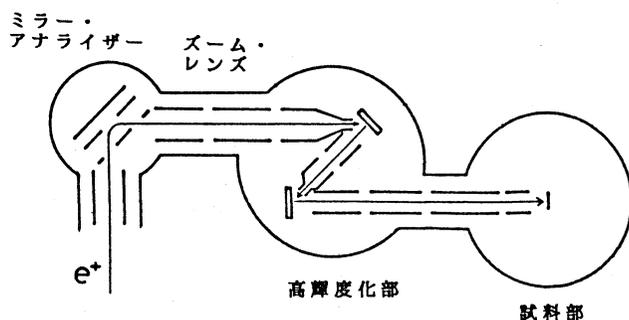


第2図 直線ストレージ法

sec程度のビーム量と等価である。) 多くの場合、検出器が飽和するおそれがある。そこで本プロジェクトでは発生した低速陽電子ビームの有効利用のために、パルス・ビームの“直流化”を行うこととし、その実現のために、低速陽電子ビームを一旦直線状の空間に閉じ込めておき、それを次の入射電子ビームがコンバーターに到来するまでの時間内に徐々に取り出して使用する“直線ストレージ法”を採用することとした。この装置の概念図を第2図の上部に示す。また第2図の下部は引出し電極の電位 ( $V_E$ ) と追い返し電極の電位 ( $V_R$ ) との時間的变化、およびその結果として取り出される低速陽電子ビームの時間的变化を示している。本プロジェクトでの直線ストレージ部の有効距離は約4.6mであるが、この方式の実用性確認を目的として電子銃で発生した低速電子ビームを使用して、約3mの間隔でリング状電極2個を対置させ、この間に  $\mu\text{sec}$  オーダーのパルス状電子ビームを閉じ込めるベンチ・テストを行った。その結果、閉じ込められた電子ビームの半減期として数msec以上という数値が得られた。これにより、著者らはこの方式が充分実用的であるという確信を得た。

陽電子ビームを利用する分析、評価技術の中でも低速陽電子回折法 (LEPD)、陽電子エネルギー損失分光法 (PELS) 等では、単に陽電子の強度が高いだけではなく、運動量分散およびエミッタンスの小さいビームが必要とされる。

例えばLEPDでは数十eVのエネルギーに対して、ビーム径は1mm、角度分散は $1^\circ$ 程度の陽電子ビームが要求されている。このような、輝度の高い陽電子ビームを得るため、本プロジェクトではタングステン、ニッケル等の陽電子再放出性金属により、単色性および角度分散を改善する高輝度化装置を試作し、その実用化実験を行っている。本装置は第3図に示すように、陽電子加速、絞り



第3図 高輝度化装置

込み、再放出の過程を2度繰り返して行わせるもので、電場可変の静電集束レンズ(これを“ズーム・レンズ”と呼んでいる。)を使用して種々の入射陽電子エネルギーに対応できるようになっており、地磁気の影響を避けるために装置全体はヘルムホルツ・コイルで囲まれている。

### 3. おわりに

電総研で建設中の低速陽電子研究施設について、遮蔽装置、DC化装置、高輝度化装置を中心に現状を報告した。これらは建設、据え付けを終了し、コンバーターとして直径10mm、高さ13mmのTa円柱を使用して遮蔽効果を確認する実験を行うかたわら種々の試験、最終的な微調整等を実施している。今年度は陽電子検出装置、消滅 $\gamma$ 線2次元角相関計測装置(Angerカメラ)、LEPD装置等を導入する予定で、本施設は近い将来、本格的な低速陽電子実験施設の一つとして稼働を開始することが期待される。