

Improvements of Beam Characteristics and the Use of Monochromatic Slow Positron Beam of JAERI Linac

Yasuo Ito¹, Saburo Takamura², Osamu Sueoka³, Ikuzo Kanazawa⁴, Katsuo Mashiko², Sohei Okada², and Masafumi Hirose¹

¹RCNST, University of Tokyo; ²JAERI; ³Faculty of Engineering, Yamaguchi University; ⁴Faculty of Education, Tokyo Gakugei University

Abstract

The characteristics of the monochromatic slow positrons obtained using the 100 MeV electron beam of the JAERI Linac are described. Improvements of the beam characteristics, which are necessary for practical applications, include stretching of the pulse width, elimination of the energetic component, transfer of the positron beam from the magnetic to non-magnetic field, and so on. For most applications of the positron beam, it is further necessary to float the whole magnetic transport system at a high positive potential. Preliminary investigations into these improvements have been successful, and the whole system is now being fitted up.

単色低速陽電子ビームの線質向上と利用

-原研リニアック-

1. はじめに

原研東海研究所のリニアックを用いて強力な単色低速陽電子ビームを開発する研究が、大学・原研プロジェクト共同研究の一環として行われている。当初は強力なビームを発生させることに重点が置かれていたが、 ~ 5 pA (1/10 出力運転で)の強度を得ている。これ以上の強度を得ることも不可能では無いと思われるが、システムの大幅な改造を要するし、この程度の強度で実用になる場合も少なくないので、開発の重点を線質の向上に移し実用化を図っている。ここではどのような線質向上が必要とされているか、我々はどのような向上策を取ろうとしているかを予備的な実験結果を中心に述べる。

2. 単色低速陽電子ビームの強度

高強度の陽電子ビームを得るには、Taターゲットの厚さ、Wモデレータの調整（アニールの仕方）と構成、TaターゲットとWモデレータの距離、電子線ビームの収束などが重要な因子である。我々はこれらのパラメータの最適条件を決定できるほどには系統的に実験していないが、後の方の因子ほどより重要のようである。

これまで得られているビーム強度は、リニアックの 1/10 出力運転で ~ 5 pA の低速陽電子の強度を得ている。[低速陽電子強度] / [電子線強度] の変換効率で表すと、 7×10^{-7} の程度である。これはこれまで経験的に知られている値に近く、現在の構成（Wモデレータを vane 状に配置し後方から高エネルギー陽電子を入射させる）では望み得る最大値に近いと見られる。強度については当初の目的をほぼ達成した。W vane モデレータの側方から高エネルギー陽電子を入射させれば更に 1 桁近く大きい収率を得る可能性があるが、リニアックと低速陽電子輸送管との現在の配置では大幅な変更が必要となる。

以上の結果を元に、リニアックをフルパワーで運転すれば 3×10^8 e⁺/s の低速陽電子ビームを得ることが予測されるが、実証していない。これは主として低速陽電子測定室（電子線照射室から 2m のコンクリート壁によって遮蔽されている）の放射線バックグラウンドが高くなることを慮ってのことである。必要な場合にはフルパワー運転することも出来るが、最近測定器の検出効率が大きく向上しているので、むしろ線質を向上させることによって早期実用化を図る方が重要であると考えている。

3. 線質及びその向上

表 1 に現在の低速陽電子の線質とそれを改良する方向を簡単に整理して示す。リニアックからの電子線がパルス状であるため陽電子ビームもパルスになるが、1 μ s のパルス幅はポジトロニウム TOF 測定、陽電子消滅スペクトロスコープいずれの場合にも長すぎる。ポジトロニウム TOF では 10 ns 程度の分解能があればよいのでリニアックの運転モードを変えることで簡単に実験に移れる可能性がある。陽電子散乱や陽電子顕微鏡のように陽電子が最終的には空間的に散らばる場合には、MCPA のように独立に動作する検出器の集合と見なされる物を用いると、パルス状でも良いかもしれない。しかし、陽電子消滅スペクトロスコープのためには、DC 化を行うことが不可欠である。DC 化は直線蓄積管を用いて行えることを既に報告したが、蓄積時間とともにビームが中心からずれていき、結果的に広がったビームを与えることを解決しなければならない。

表 1

現在のビーム	向上の方法
<p>1 μs パルス幅</p> <p>繰り返し 50 pps</p> <p>単色性 4~5 eV</p> <p>fast 成分の混入</p> <p>磁場による輸送</p> <p>ビーム径 ~ 10 mmϕ</p> <p>放射線場 (測定室)</p> <p>陽電子消滅スペクト</p> <p>ロスコピーに不向き</p>	<p>短パルス化 { ~ 10 ns for TOF</p> <p>又は DC化 { ~ 0.1 ns for lifetime</p> <p>fast 成分の除去</p> <p>ExB ドリフト</p> <p>{ 加速時に除去</p> <p>非磁場系への変換</p> <p>輝度強化</p> <p>もっと遠くへ輸送する</p>

fast成分は主として高エネルギーの二次電子からなる。このような fast成分を除去する目的で2回 90° 湾曲したソレノイドコイルをエネルギーフィルターとして用いている訳であるが、照射室内にある湾曲ソレノイドコイルの途中から入り込む二次電子が有るらしく、フィルターとして十分な役割を果たしていない。エネルギーフィルターは放射線場の小さい場所で用いないと意味が無い。ExB フィルターを低速陽電子発生直後に置いて高エネルギー成分を除去しようという試みも同じ理由で不成功であった。しかしこのような高エネルギー成分は、次に述べる非磁場系への変換、輝度強化の過程で自ずから除去されるので、このような処理をせずに低速陽電子を用いたいという特別な要求があるのでなければ、敢えて fast成分の除去で苦勞する必要は無い。

低速陽電子を散乱実験、顕微鏡などに用いる場合は非磁場輸送系へ移さなければならぬ。予備実験によればこれは比較的簡単に行えそうである¹⁾。即ち、低速陽電子を磁場系内で ~ 2 kV 程度に加速し、磁場の切れる場所で静電レンズで輸送することである。非磁場系に陽電子を移した後、輝度強化する。

以上のように非磁場系への移行、輝度強化というビーム工学的な加工を加えるごとに陽電子のポテンシャルは負の側に高くなっていく。陽電子実験を行う試料または検出器の位置では $-10 \sim -30$ kV のポテンシャルになる。これを嫌う場合には、低速陽電子輸送系全体を $+10 \sim +30$ kV に持ち上げなければならない。どちらを選ぶかは実験の性質による。我々は後者で対応すべく準備を進めている。

現在の陽電子測定室での放射線バックグラウンドは、保健物理的には問題は無いものの、陽電子消滅ガンマ線を検出することによって行う研究（角相関測定、ドップラー幅測定、寿命測定、ポジトロニウム 3 光子測定など）では S/N 比の悪い測定になる。これを逃げるためには低速陽電子をもっと遠くへ輸送する以外に方法が無いが、これは当面の計画の中には入っていない。

4. まとめ

我々の低速陽電子ビーム施設の現状では、放射線バックグラウンドが十分抑えられていないので、陽電子消滅スペクトロスコピーは S/N 比が悪くなると予想される。むしろ、陽電子散乱、陽電子再放出顕微鏡などを行うことによって成果を上げて行きたい。その目的の為に、1989年8月現在、陽電子ビームの非磁場系への変換、輝度強化、陽電子ビーム輸送系を高電圧に保持することなど一連の作業を行っているところである。

文献

- 1) Sueoka, O. and Ito, Y.: "Transfer Efficiency of e^+ beams into non-magnetic field from magnetic field", Jpn. J. Appl. Phys., in press