

Experiment of Positron Production Using an 18 MeV Electron Linac

Hirofumi Tanaka, Tetsuya Nakanishi

Advanced Electrotechnology Department, Central Research Laboratory
Mitsubishi Electric Corporation

Abstract

Intense slow-positron beams have been produced using an 18MeV electron linac. An NaI(Tl) detector with well-known detection efficiency has been used to measure the 511keV annihilation γ -rays. We have detected about 7.7×10^5 slow positrons per second at 18MeV and $0.9\mu A$ electron beams. The conversion efficiency of slow-positron production for 18MeV electrons is as high as 1.35×10^{-7} .

The energy spectrum has a peak around 2eV and the FWHM is 1.5eV. The half-life of the slow positron beam is about $0.5ms(2 \times 10^{-7}Torr)$.

1 始めに

低速陽電子ビームは物性研究のためのプローブとして有用である。従来から行なわれてきた陽電子エミッタから発生する陽電子ビームを用いる手法はビーム強度の点から限界がある。そのため、高強度陽電子ビーム発生法として電子ライナックを用いた低速陽電子の発生技術研究が種々の研究機関で行なわれている。^{[1][2]}

今回、低速陽電子実験装置を建設し、18MeV ライナックを用いた低速陽電子の発生実験を行なった。この論文では、低速陽電子の発生効率の測定、低速陽電子パルスビームの引き延ばし実験とその寿命測定、エネルギースペクトルの測定等を行なった結果について発表する。

2 実験装置

図1に低速陽電子実験装置の概念図を示す。また図1中のB方向から見た輸送ラインの一部の写真を図2に示す。以下に実験装置の簡略な説明を記す。

低速陽電子発生部 コンバータ、モデレータ及び、引き出し電極とからなる。ライナックで発生した18MeV程度の電子が、コンバータ(Ta板5mm)に当たり、制動放射により発生した γ 線の対生成により高速の陽電子が発生する。この高速陽電子はターゲットのすぐ下流部に位置するモデレータ(金属箔(W),厚さ $25\mu m$)の内部に入り、そこで0.025eV程度まで減速され(熱化)、金属表面から再放出される。その低速陽電子ビームを、引き出し電極で取り出し低速陽電子輸送ラインに導く。

低速陽電子輸送ライン 低速陽電子発生装置で発生した陽電子をヘルムホルツ磁場により集束させながら検出装置へと導く。35個のソレノイド磁石(20Gauss-200Gauss)の励磁電流は、検出器位置で最も低速陽電子の強度が強くなるように調整した。磁石とチェンバ

を一体構造としたため、均一な磁場を作ることに成功した。

パルスストレッチャ装置 パルスストレッチャ装置(全長5m)は、両端の電極に電圧(20V程度)をかけることで、ポテンシャルの壁を作りその電圧を制御することによりパルス幅を広げる装置である。陽電子が電界の影響で発散するのを抑えるために電極は湾曲形にした。低速陽電子のとり出しは下流側の電位を除々に下げることにより行う。

検出装置 定量的測定を行う検出器として、 $NaI(Tl)$ シンチレーションモニタを輸送ラインの最下流部のフランジの外部に配置した。

また低速陽電子を直接測定する為にセラトロン(電子増倍管)をパルスストレッチャ装置の下流部に配置した。

3 実験結果

1 モデレータ電位に対する低速陽電子発生個数

モデレータ電位 V_{mod} を変化させた時の低速陽電子の発生個数をセラトロンで計測した結果を図3に記す。 $V_{mod} > 20V$ の時の低速陽電子の強度は、 $V_{mod} = 0$ の時の強度の約8倍程度になっている。 $V_{mod} = 0$ の際モデレータ表面にトラップされていた陽電子が、トラップされなくなった結果であると考えられる。

2 低速陽電子のエネルギースペクトル

パルスストレッチャ下流の電極電位 V_{s2} を変化させることで、低速陽電子のエネルギースペクトルを測定した。図4は V_{s2} に対する低速陽電子の強度の変化である。また図5は図4を微分した値であり低速陽電子のエネルギースペクトルを表わしている。スペクトルのピークは約2eVにあり、FWHMは1.5eVである。

3 パルスストレッチャ内の低速陽電子の寿命

パルスストレッチャ装置を働かせ、陽電子の寿命を測定した。この時のストレッチャ内の真空度は $2 \times 10^{-7} Torr$ であった。蓄積時間と陽電子の強度の関係を図6に示す。ライフタイム(1/e)は、 $V_{mod} = 5V$ で0.5ms、 $V_{mod} = 10V$ で0.26msである。

4 低速陽電子の発生個数

効率の分かっている $NaI(Tl)$ シンチレーションモニタを用いて、低速陽電子の個数を定量的に測定した($V_{mod} = 7V$ で測定)。その結果18MeV、 $0.9\mu A$ の電子ビーム(1Hz、 $5\mu s$ 、180mAのライナックパルス)から、 7.7×10^5 個の低速陽電子が発生していることがわかった。この結果から電子ビームに対する変換効率を計算すると 1.35×10^{-7} となり、同エネルギーレベルでの他の研究機関での効率^[1]と比較すると高い効率である。

4 結論

18MeVライナックを用いて低速陽電子発生、輸送、パルスストレッチ等の実験を行なった。その結果 1.35×10^{-7} と言う高い変換効率で低速陽電子を発生させることに成功した。この要因として、(1)モデレータを接地せずに7Vの電位を与えた、(2)輸送ラインを工夫して輸送効率を上げた、等が考えられる。

References

- [1] R.H.Howell, et al. ,Appl. Phys. A43,247-255, 1987.
 [2] T.Tomimasu, 電子技術総合研究所彙報, 第52巻, 第8号, 1988.

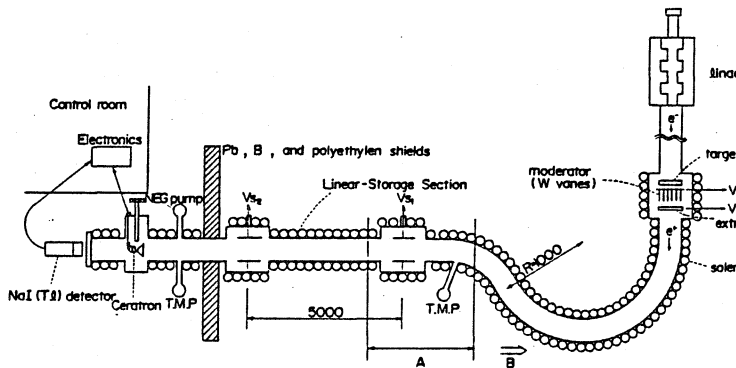


図1 低速陽電子実験装置概略図

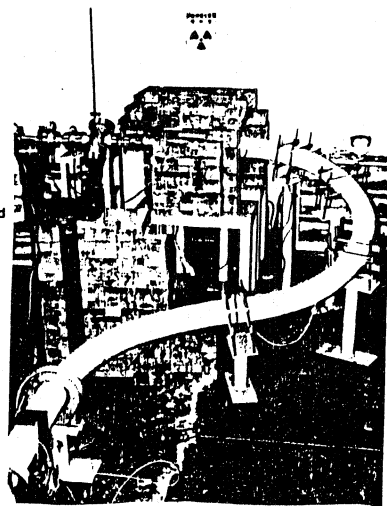


図2 低速陽電子輸送ライン

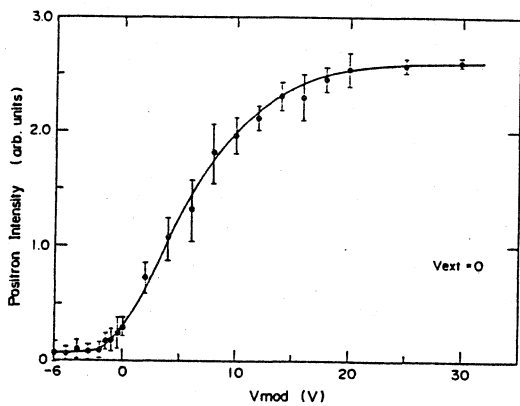


図3 V_{mod} と低速陽電子発生個数との関係

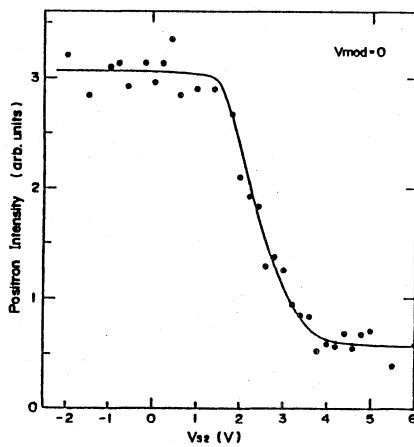


図4 V_{s2} と低速陽電子強度との関係

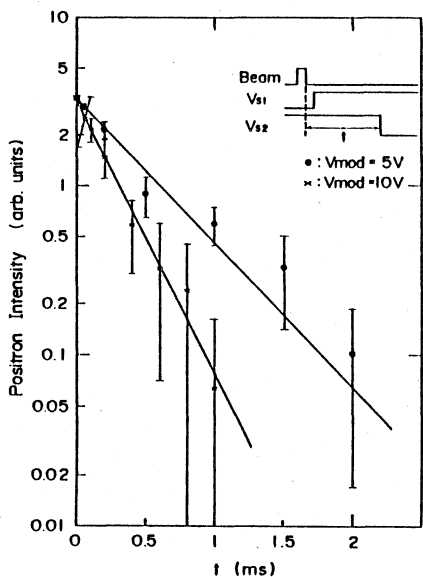


図6 低速陽電子の寿命

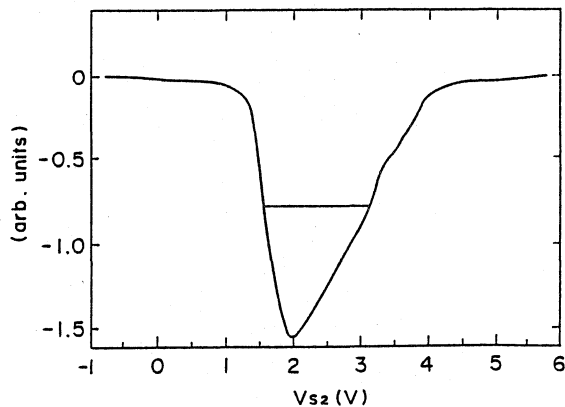


図5 低速陽電子のエネルギースペクトル