

# Pulsing System to Modulate Intense Positron Beams

Ryoichi SUZUKI, Yoshinori KOBAYASHI<sup>A</sup>, Tomohisa MIKADO, Hideaki OHGAKI,  
Mitsukuni CHIWAKI, Tetsuo YAMAZAKI and Takio TOMIMASU

Electrotechnical Laboratory, 1-1-4 Umezono, Tsukuba, Ibaraki 305

<sup>A</sup>National Chemical Laboratory for Industry, 1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305

## Abstract

A pulsing system to modulate intense slow positron beams has been developed in the Electrotechnical Laboratory. The pulsing system generates a pulsed beam of variable energy (0.4 keV-25 keV) and of variable pulse period from the intense positron beam generated by the ETL linac. The pulsing system consists of three main devices; a reflection type chopper, a sub-harmonic pre-buncher (SHPB) and a double harmonic buncher. The pulsed positron beam enables us to measure variable-energy positron lifetime spectra.

## 高強度低速陽電子極短パルス化装置

### 1. はじめに

100ps 程度の極短パルス陽電子ビームによるエネルギー可変陽電子寿命測定は、薄膜や物質の表面近傍の物性を非破壊で詳しく調べることができる新しい測定法として期待されている。今回、エネルギー可変陽電子寿命測定を行うための短パルス化装置を開発し、世界最高強度のエネルギー可変極短パルス陽電子ビームが得られたので報告する。この装置は、電総研リニアックの電子ビームにより発生させた高強度低速陽電子ビーム<sup>1)</sup>を短パルス化するものである。この短パルス化陽電子ビームにより、従来のエネルギー可変陽電子寿命測定と比較して、計数率、測定可能時間幅、ピーク/バックグラウンド比がそれぞれ数倍以上優れた陽電子寿命測定が可能になった。

### 2. 陽電子極短パルス化装置

陽電子極短パルス化装置は、図1のように、チョッパー、サブハーモニックプリバンチャー (SHPB)、バンチャーからなる。

チョッパーはリニアックにより発生させた高強度低速陽電子の準DCビームをチョップし5ns程度の短パルスにするもので、3枚のグリッドからなり、第1・第3のグリッドは静電位をかけ、第2のグリッドに図2のような高速のパルスをかけることによって準DC的な陽電子ビームをチョップする。このチョッパーは、磁場と同じ方向の電界によるチョッピングを行っているため、偏向型チョッパー<sup>2)</sup>のようなチョッ

ピング周波数に制限がなく、任意の時間幅の測定が可能である。

SHPBはチョッパーを通過した陽電子パルスがバンチャーのバンチング可能な位相幅に全て入るようにパルス幅を圧縮するもので、ステンレス製の2重の筒から構成され、外側の筒には静電位、内側の筒にはバンチャーの周波数の1/4の正弦波を入力することにより内側と外側の筒の間のギャップで陽電子をモジュレートする。内側の筒の長さは、約250eVの陽電子ビームが効率的にモジュレートされるように約12cmとしている。

バンチャーではそのパルスが時間的に試料でフォーカスするようにビームをモジュレートする。このバンチャーは、1つのキャビティー（基本共振周波数150MHz）で、基本波に3次高調波を加えることのできる構造として、バンチ効率を高めている。前回のリニアック研究会で報告したように<sup>3)</sup>、電子ビームがこのバンチャーによって100ps程度にバンチされることを確認している。

バンチャーと試料の間には加速電極があり、試料に入射する陽電子のエネルギーを0.5keVから25keVまで変えることができ、これによって試料の表面近傍の任意の深さの陽電子寿命を測定することができる。

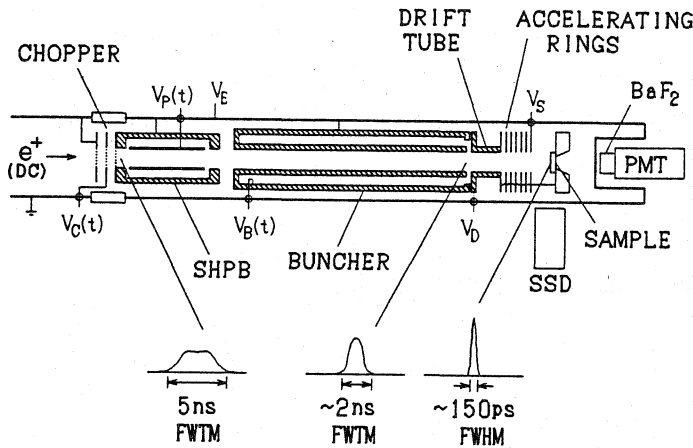


図1. 陽電子極短パルス化装置.

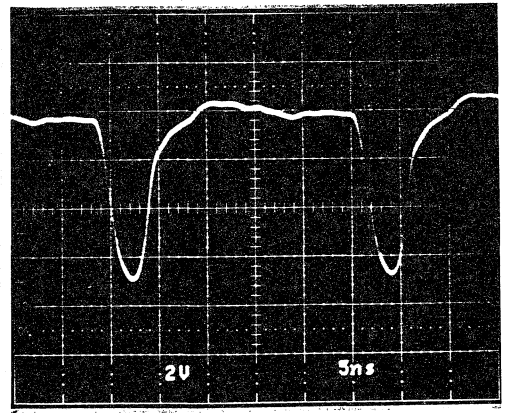


図2. 陽電子チョッパーパルス波形.

### 3. 陽電子短パルス化実験

図3はこの短パルス化装置によって陽電子をパルス化して測定した試料における消滅 $\gamma$ 線の時間スペクトルである。黒丸はバンチャーのみ動作させた時のスペクトルであり、白丸はパルス化装置すべてを動作させた時のスペクトルである。バンチャーのみ動作させた場合でも、パルス化は行われるが、バンチされない位相の陽電子はパルスとパルスの間にバックグラウンドとして検出されるため、ピークとバックグラウンドの比は10程度であり、また、このバックグラウンドの信号は寿命と似た時間依存性がありこのままでは寿命スペクトルを測定することができない。また、パルス化周波数は、バンチャーのパルスで決まるため、広い時間幅のスペクトルを測定することができない。これに対して、白丸の短パルス化装置すべてを動作させた場合は、バンチされない位相の部分や不要なパルスはチョッパーによってカットされていることがわかる。したがって、チョッパーのパルス周波数を変えることにより従来より1桁以上広い時間幅のスペクトルの測定が可能になった。また、このピークとバックグラウンドの比は、1000程度で、従来のRIを用いたエネルギー可変陽電子寿命測定より約1桁良い。これは、加速器によって発生させた陽電子の単位時間あたりの強度が高く自然放射線によるバックグラウンドの影響が相対的に少ないためである。これにより、高精度の陽電子寿命測定が可能に

なった。図4はチョッパーのみ動作させた場合、チョッパーとSHPBを動作させた場合、すべて動作させた場合の試料で消滅した陽電子の時間スペクトルである。この図からわかるようにチョッパーのみ動作させた場合の半値幅は、約5ns(FWTM)であるのに対し、チョッパーとSHPBを動作させた場合は約2ns(FWTM)に圧縮され、バンチャーによってさらに短パルスになり、陽電子の寿命スペクトルになっている。最小自乗解析により求めたこの寿命スペクトルの分解能は約250psであり、この時間スペクトルの測定装置の分解能(約200ps)を考慮すると、陽電子パルスの幅は、約150psであると予想される。この陽電子パルス化装置による寿命測定の計数率は、200cps以上であった。リニアックの電子ビーム量の増加や陽電子ビームラインのストレージ効率及びトランスポート効率を増加させることによりさらに数倍の計数率の増加が可能であると考えられる。

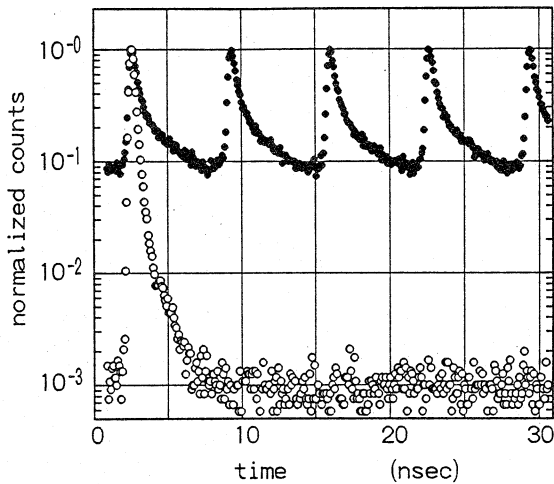


図 3. 消滅 $\gamma$ 線の時間スペクトル,  
●バンチャーのみ, ○全て動作.

#### 4.まとめ

電子リニアックにより発生させた高強度低速陽電子ビームを150ps程度に短パルス化する装置を開発し、陽電子の極短パルス化に成功した。これは、加速器により発生させた陽電子の極短パルス化としては世界初である。この陽電子極短パルス化ビームにより、試料中の任意の深さにおける陽電子の寿命スペクトルを短時間に高精度で測定することが可能になった。

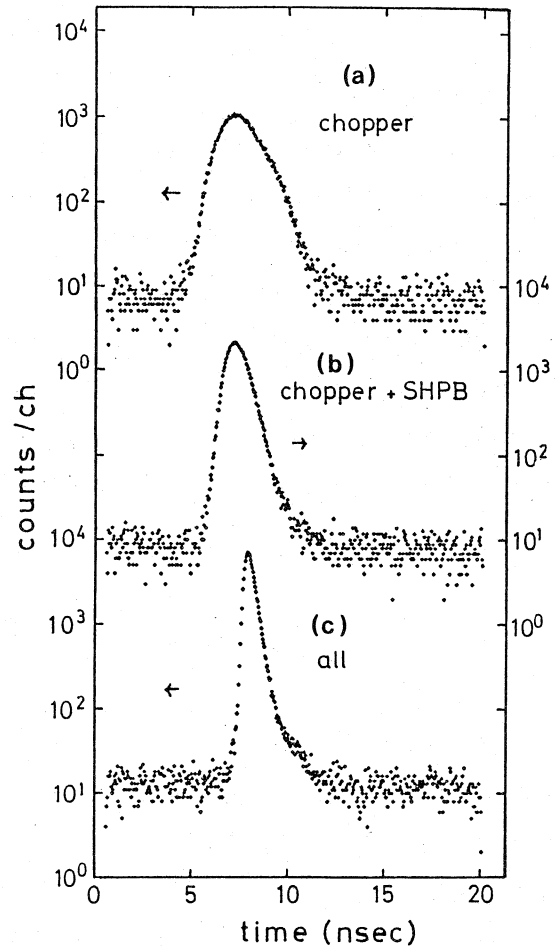


図 4. 消滅 $\gamma$ 線の時間スペクトル.

#### 参考文献

- 1) T. Akahane, T. Chiba, N. Shiotani, S. Tanigawa, T. Mikado, R. Suzuki, M. Chiwaki, T. Yamazaki, and T. Tomimasu: *Appl. Phys. A* **51** (1990) 146.
- 2) D. Schödlbauer, P. Sperr, G. Kögel, and W. Triftshäuser, *Nucl. Instr. and Meth. B* **34** (1988) 258.
- 3) R. Suzuki, T. Mikado, H. Ohgaki, M. Chiwaki, S. Sugiyama, K. Yamada, T. Yamazaki, T. Tomimasu and Y. Kobayashi, *Proc. 15th Linear Accelerator Meeting in Japan*, (1990) p.263.