

DEVELOPMENT OF FAST WAVEFORM ACQUISITION AND ANALYSIS SYSTEM AT KEK SLOW POSITRON FACILITY

S.Kusano^{1,A)}, T.Kurihara^{B)}, K.Furukawa^{B)}, M.Satoh^{B)}

^{A)} Mitsubishi Electric System & Service Co.,Ltd.

2-8-8 Umezono, Tsukuba, Ibaraki 305-0045

^{B)} High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

Abstract

The surface physics experiments with the positronium time-to-flight spectroscopy have been performed at the KEK slow positron facility since several years ago. Before, the time-to-flight signal was analyzed using general purpose NIM modules. In order to improve the measurement a new system was developed and it acquires signal as digital data using an oscilloscope. In this paper, we report the design of the new time-to-flight measurement system with digital oscilloscope and fast waveform acquisition system via standard network, which improved the time resolution.

KEK低速陽電子施設における高速波形収集及び解析システムの開発

1. はじめに

KEK低速陽電子施設では、2001年に移設が終了し、2003年から本格的にポジトロニウム飛行時間分光法システム (Ps TOF) による実験が行われている^{[1][2]}。ポジトロニウム飛行実験法は物質表面から再放出したオルソポジトロニウム (陽電子と電子のスピンの互いに平行な陽電子、電子の束縛状態) のエネルギーを測定する手法である。この方法によりポジトロニウムと物質表面との相互作用や表面近傍の微細構造に関する情報を得ることができる。これまでのPs TOFは、汎用NIMモジュールを用いてハード的に時間差解析を行っていた。しかし、ハードによる測定では個々のポジトロニウムがさまざまな時間で消滅するため、Ps TOFでは試料表面から放出されたポジトロニウムのごく一部しか検出されない。このためデータはノイズの影響を受けやすく、またポジトロニウムの放出量が少ない試料については定量的な測定を行うことが困難であった。

最近、デジタルオシロスコープによる陽電子消滅寿命計測システムが開発された^[3]。検出器の信号をデジタルデータ化しPCに取り込むことでソフト的に解析を行う方法である。このシステムをPs TOFに応用することにより、測定システムの安定性及び検出器信号の時間の分解能向上が期待できる。また、ハードによる逐次解析と異なり、様々なパラメータを用いた再解析が可能となる。

2. Ps TOF システム

2.1 システム概要

Ps TOFシステムの構成を図1に示す。ネットワー

クに対応したデジタルオシロスコープ (LeCroy社製 WavePro960) と測定用PCとはネットワークで相互接続された構成になっている。測定用PCのOSは、実験ユーザーが不特定であるため誰でも簡単に操作できることを考慮してMS Windows2000を採用している。

50Hz繰り返しの陽電子ビームを試料に照射し試料から出た消滅線は、プラスチックシンチレータと光電子倍增管 (PMT) を組み合わせたシステムによって検出される。光電子倍增管の出力は、加速器からの信号をトリガとし、シーケンスモード (50セグメント、サンプル数1000:シーケンスモードについては後に説明する。) でデジタルオシロスコープに取り込み、波形データとしてPCに転送される。

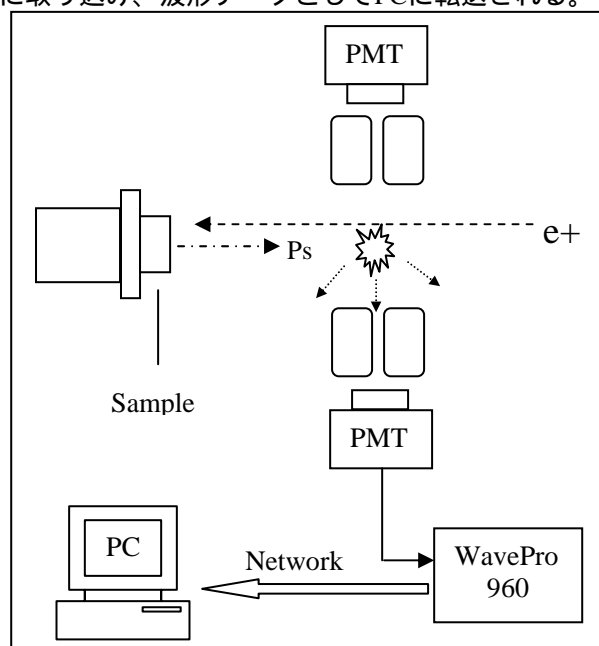


図1. Ps TOFシステムの構成

¹ E-mail: skusa@post.kek.jp

2.2 データ収集ソフトウェア

データ収集ソフトウェア(図2)の開発では、開発時間短縮のため LeCroy 社が提供する ActiveDSO(ActiveX)を使用した。ActiveDSOは、LeCroy社製のデジタルオシロスコープとPC間の通信部の開発を容易にするActiveXのコンポーネントの1つでVisual BasicやVisual C++などをサポートしている。本システムの開発では少しでも波形データの転送速度を早くするためVisual C++で開発を行った。

PMTで検出された信号の波形データは、約60000ポイントで、データにはデジタルオシロスコープの設定情報などが含まれている。転送された波形データは、PC上のハードディスクに記録され別のソフトウェアによって解析がなされる。



図2. データ収集ソフトウェア

2.3 データ解析ソフトウェア

データ解析ソフトウェア(図3)の開発は、データ収集ソフトウェアと同様C++で行った。データ解析ソフトウェアは、PCのハードディスク上に記録された波形データを用いて解析を行う。データの解析は、波形データに含まれている信号検出時におけるオシロスコープの設定などを基に波高による弁別や必要に応じてスムージング処理を行い、ピーク検出時刻の頻度分布を抽出することでスペクトルの測定を行っている。解析されたデータは、Excel等でグラフ化できるようにCSV形式でPCのディスクに記録される。一例として、図4に解析されたデータをグラフ化したもの示す。

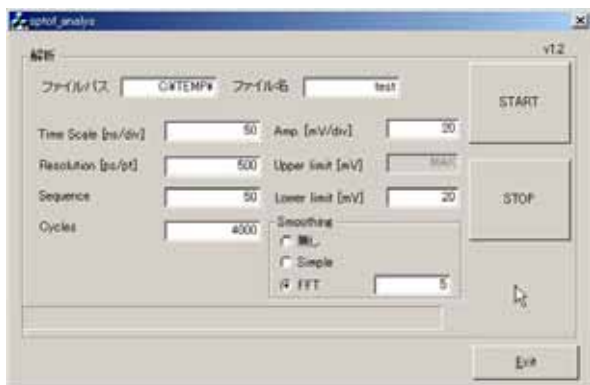


図3. データ解析ソフトウェア

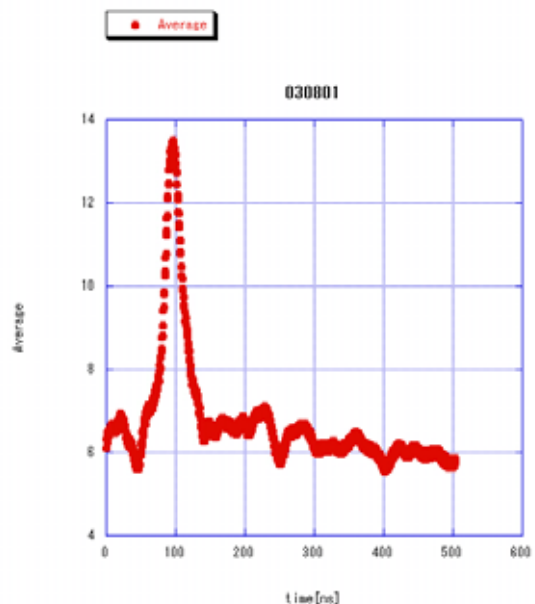


図4. 解析結果のグラフ

3. 考察

3.1 データ転送速度

50Hzの信号を送出するSGをデジタルオシロスコープのチャンネル1に接続し、デジタルオシロスコープとPC間のActiveDSOを利用した波形データの転送速度の測定を行った。測定には、WavePro960、WavePro950、WavePro7100の3機種を使用した。測定方法は、1チャンネルの波形データの送受信(Normal)と信号の捕捉を保证する波形データの送受信(ARM)と本システムで使用しているシーケンスモードでの波形データの送受信の測定を行った。シーケンスモードとは、間欠的に発生する信号を効率よく捕捉するために、オシロスコープのメモリをセグメント数だけ分割し、トリガ毎にセグメントを更新しながら補足波形を高速にオシロスコープ内のメモリにストアするモードである。なお、速度を算出するため、データ送受信を100回繰り返しその平均時間を速度とした。

サンプリング数10000ポイント以下の波形データの送受信と50000ポイント以下のシーケンスモードでの波形データの送受信の測定結果を表1、サンプリング数10~40000ポイントのデータの送受信を図5、サンプリング数10~40000ポイントのシーケンスモードでのデータ送受信を図6に示す。

	Normal <10000	ARM <10000	シーケンス <50000
Wavepro960	約28ms	約90ms	約1100ms
Wavepro950	約33ms	約100ms	約1100ms
Wavepro7100	約150ms	約163ms	約1170ms

表1. データ送受信の結果

異なるシステムではあるが、ActiveDSOを用いずにソケット通信でLinux PCとWavePro950間の波形

データ転送速度が20ms（約50Hz）という結果が得られているので、今後ソケット通信の利用も考えている^[4]。

3.2 将来性

WavePro960/950では50Hzのデータ収集も可能であったが、WavePro 900 シリーズは生産中止となり、Windows OSが組み込まれているデジタルオシロスコープ(例えば、WavePro7100)に変わりつつある。ActiveDSOはすべてLeCroy社のデジタルオシロスコープで利用できるので、ソースコードの書き換えをしなくてもソフトウェアが利用可能である。しかし、上記の単純なデータの送受信の速度測定結果からWavePro7100のデータ転送速度は約150msと速度としては遅い部類になる。これは、組み込まれているWindows OSが、オーバーヘッドになっていることが原因と思われる。現在のこの問題について、メーカーと対策を検討中である。

4 . まとめ

KEK低速陽電子施設において、データ収集ソフトウェア及び解析ソフトウェアの開発を行った。検出器信号をデジタルデータ化することでシステムの安定性及び時間の分解能が向上し、更にはデジタルオ

シロと測定用PC間のデータ転送速度が高速になったことで多くの実験データの蓄積が可能となった。また、ソフトウェアによる解析を行うことで検出信号をバックグラウンドノイズに起因する信号と弁別することが可能となり収集した実験データの信頼度を高めることが可能となった。今後更に改良、改善を進め実験データの精度を高めていきたい。

参考文献

- [1] T.Kurihara, et al., “専用リニアックからのビームを用いた陽電子利用実験”, Proceedings of the 26th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tsukuba, Aug, 2001, P.306-308.
- [2] T.Oogoe, et al., “低速陽電子用リニアックの移設”, Proceedings of the 26th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tsukuba, Aug, 2001, P.335-337.
- [3] H.Saito, Y.Nagashima, T.Kurihara and T.Hyodo. “A New Positron Lifetime Spectrometer using a Fast Digital Oscilloscope and BaF₂ Scintillators”, Nucl. Instrum. Meth. A487(2002) p.612-617.
- [4] M.Satoh, et al., “非破壊型ビームエネルギー広がりモニタの高速データ収集システム”, Proceedings of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tokai, Aug, 2003, P.419-421.

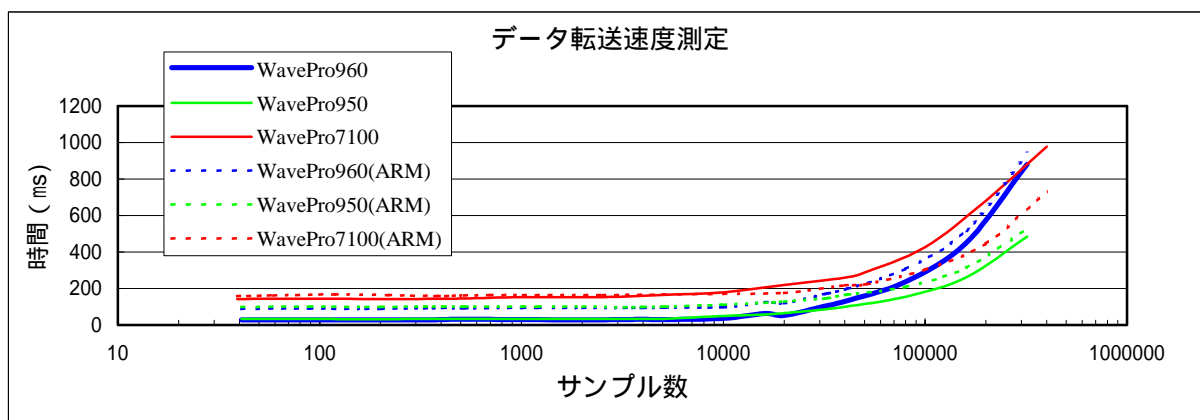


図5. データ転送速度測定

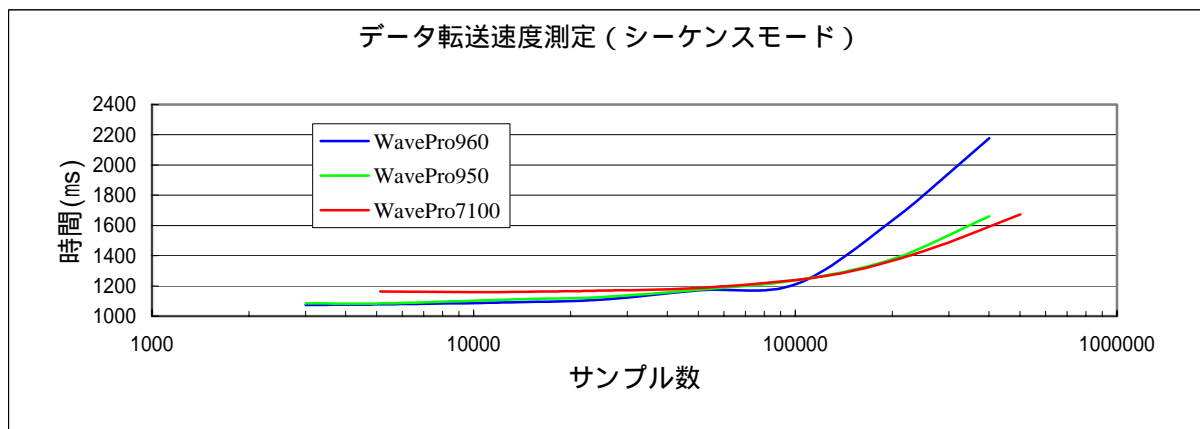


図6 . データ転送速度測定 (シーケンスモード)