

# サブナノ秒時間分解能を持つ簡易な蛍光寿命測定装置

里園 浩<sup>1</sup>, 錦織広昌<sup>2</sup>

<sup>1</sup>浜松ホトニクス (株), <sup>2</sup>信州大学工学部

Simple sub-nanosecond fluorescence lifetime measurement

H. Satozono<sup>1</sup> & H. Nishikiori<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hamamatsu Photonics K. K.

<sup>2</sup> Faculty of Engineering, Shinshu University

キーワード：蛍光, 時間分解計測, チオフラビン T

Keywords: Fluorescence, Time-resolved spectroscopy, Thioflavin T

## 1. はじめに

昨年, 我々は時間分解蛍光分光計測のための廉価なナノ秒パルス光源の製作を報告し, 研究室の既設の装置にわずかな改良を加えることで, 廉価にナノ秒時間計測が可能であることを示したり.

一方, 有機分子の励起エネルギー移動や電荷移動のダイナミクス計測において, しばしばナノ秒より短い時間分解能を必要とする. 我々はこの目的のため, 廉価なパルスレーザーダイオード光源と研究室に既設の装置を使い, 新たにサブナノ秒の時間分解能を持つ蛍光寿命測定装置を製作した.

## 2. 装置構成

装置構成を図1に示す. 時間相関単光子計数法による蛍光寿命測定の標準的な構成である. 機器類について, 励起パルス光源以外は研究室に既設の機器を用い環境負荷に考慮した. 励起光源はパルスレーザーダイオード(LD) FLOS-12(澤木工房)を用いた. カタログ上の光パルスの半値幅は約 500ps である. この短い光パルスに対応する検出器として, MCP-PMT<sup>2)</sup>, R3809 (浜松ホトニクス)を用いた. MCP-PMT 用の高圧電源は C3360(浜松ホトニクス), プリアンプは C5594 (浜松ホトニクス)である. 時間軸の微調整のための Delay ユニットとして DG-535 (Stanford Research) を用いた.

計測部は光子計数用 PC プラグインカード (SPC-300, Edinburgh Instruments) を用いた. このカードは, 時間相関単光子計数法の計測に必要なディスクリミネータ, Analog-to-Digital (AD)コンバータ, マルチチャンネルアナライザがすべて一つの PC 拡張用ボードに収められたもので, 装置を非常にコン

パクトに構成することができる. なお, 本ボードは ISA bus 用である. ISA bus は IBM-PC 互換機 (いわゆる DOS/V PC) の最初期の拡張バス規格で, Microsoft Windows が普及する以前の MS-DOS の時代に主流だった規格である. 制御ソフトウェアも MS-DOS 上で動作することから, 研究室で保管していた古い PC を整備して構築した.

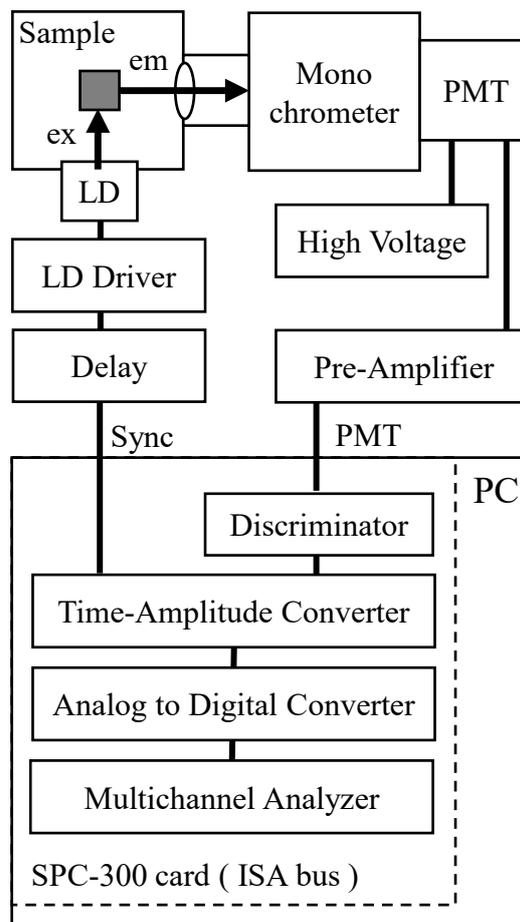


図1 サブナノ秒蛍光寿命測定装置のブロック図

ここで問題になったのは、PCのストレージとデータの受け渡し方法である。MS-DOS 当時のストレージは IDE 規格の HDD で、データの授受は主にフロッピーディスクが用いられたが、2025 年現在においてこれらのドライブやメディアの入手は困難である。そこで我々は、Compact Flash (CF)カードに IDE 変換基板があることに目を付け、さらに SD カードを CF カードに変換するアダプタを併用することで、MS-DOS をインストールした SD カードをストレージとして利用することにした (図 2)。ストレージに保存された測定データは、PC の電源を切ったのち、SD カードを取り外して、市販の SD カードリーダーを使って読み出すことができる。



図 2 本装置における PC のストレージ

### 3. 測定結果

本装置の測定された励起光源のパルス波形を図 3 に示す。観測された励起光のパルス幅は 1.2 ns であった。カタログ値よりも長い原因は、PMT やプリアンプの応答特性が重畳しているためである。

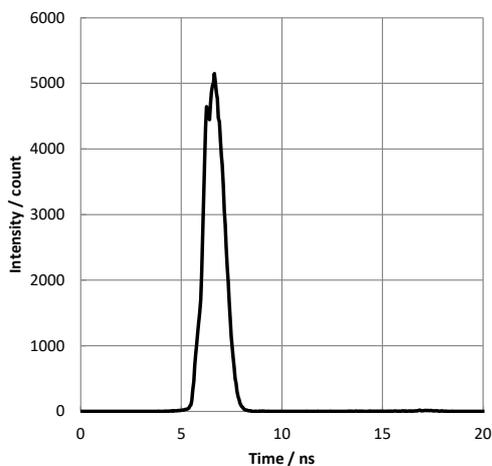


図 3 本装置で得られた励起光源のパルス波形

次に本装置で測定された、グリセリン中における蛍光色素チオフラビン T の蛍光懸垂曲線を図 4 に示す。

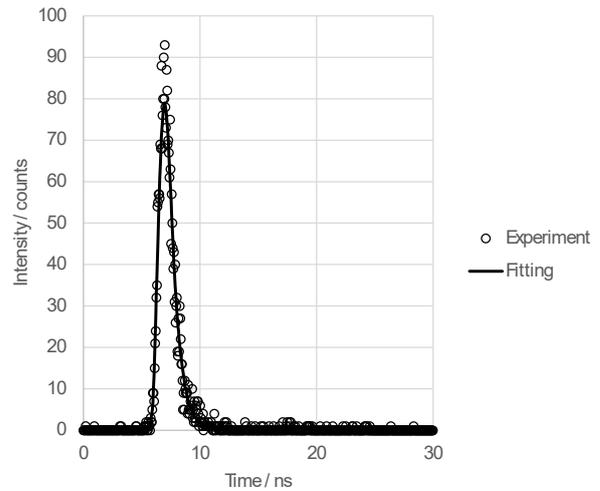


図 4 本装置で得られたグリセリン中のチオフラビン T の蛍光減衰曲線。○は実測値、実線はフィッティング結果

フィッティングの結果、蛍光寿命値として 0.7 ns が得られた。得られた値は文献値<sup>3)</sup>とほぼ一致することから、本装置がサブナノ秒の蛍光寿命値を正しく測定できていると結論付けられる。

### 4. おわりに

本研究では、既存の設備を使い、廉価なパルス LD 光源を追加することで、サブナノ秒の時間分解能を持つ蛍光寿命測定装置を構築することができた。

既存の装置を活用する場合、特に PC で制御する装置の場合、制御ソフトが動作する Operating system (OS) の陳腐化やサポート終了などにより、まだ動作するにもかかわらず更新を余儀なくされることがある。セキュリティ対応等により OS の寿命はほとんどの場合 10 年以下だが、そのたびに計測器を更新するのは、環境負荷の点で良いこととは言えない。本稿が古い機器の活用事例として参考になれば幸いである。

今後、本装置を使って、光触媒表面でおこる酸化還元反応を解析するための、有機色素を用いた時間分解蛍光分光測定を計画している。

#### 【参考文献】

- 1) 里園 浩, 錦織広昌, 時間分解蛍光分光計測のための廉価なナノ秒パルス光源の製作, 信州大学環境科学年報,

Vol.46, pp. 39-41, 2024.

- 2) Yamazaki, I., Tamai, N., Microchannel plate photomultiplier applicability to the time-correlated photon counting method, *Rev. Sci. Instrum.*, Vol. 56 (6), pp. 1187-1194, 1985.
- 3) Stsiapura, V. I., Maskevich, A. A., Kuzmitsky, V. A., Uversky, V. N., Kuznetsova, I. M., Turoverov, K. K., Thioflavin T as a molecular rotor: fluorescent properties of thioflavin T in solvents with different viscosity, *J. Phys. Chem.*, Vol. 112, pp. 15893-15902, 2008.

(原稿受付 2025.3.7)