

# 時間分解分光測光用ナノ秒ゲート光電子増倍管 Simple Nanosecond Gated Photomultiplier Tube Used for Time-Resolved Spectroscopy

○高須剛\*, 荒木 勉\*\*, 岩田哲郎\*

○Tsuyoshi Takasu\*, Tsutomu Araki\*\*, and Tetsuo Iwata\*

徳島大工\*, 阪大基礎工\*\*

Univ. of Tokushima\*, Osaka Univ.\*\*

E-mail: iwata@me.tokushima-u.ac.jp

We propose a simple nanosecond gating method for a miniature metal-packaged photomultiplier tube (PMT) for use in the field of time-resolved spectroscopy. A nanosecond pulse generated by an avalanche transistor was applied to the second and the fifth dynodes of the PMT simultaneously as a sampling gate pulse. Time resolution was given by a difference between the gate pulse width and the transit time of electrons run along the two dynodes in the PMT. Experimental results show that a time resolution far less than 1.6 ns was obtained with a gate pulse width of 3.5 ns.

## 1. はじめに

我々は、蛍光減衰波形等ナノ秒オーダーの高速繰り返し過渡発光波形の取得を目的として、小型メタルパッケージ光電子増倍管 (PMT) を用いた簡便かつ新奇なナノ秒 PMT 内部ゲート手法の検討を行っている。<sup>1</sup> PMT 内部ゲート方式自体は、従来から数多くの報告がなされており、既に完成された技術と考えられる。しかし近年、従来の PMT と比較して、PMT 管内電子走行時間や電子走行広がり短縮された超小型の PMT が市販されるに至り、従来技術の見直しが必要になったと考えられる。このような観点から、我々はより簡便かつ実用的な時間分解測光システムの構築を目的として、新奇な PMT ナノ秒ダイノードゲート手法の提案を行う。

## 2. 原理

我々が提案する PMT 内部ゲート手法の原理図を Fig.1 に示す。まず 2 個以上離れた任意の 2 つのダイノードにパルス幅  $t_w$  のゲートパルスと同時に印加する (ここでは、2 番ダイノードと 5 番ダイノードとした)。2 番ダイノードでゲートオンされた 2 次電子群は、 $t_r$  の電子走行時間と  $a$  の走行時間広がりを受けて増倍され 5 番ダイノードに到達する。5 番ダイノードには 2 番ダイノードと時間的に同時にゲートパルスが印加されているので、5 番ダイノードでさらにゲートオンされて PMT のアノードに到達する 2 次電子群のパルス幅すなわち分解時間は、2、5 番ダイノード間の走行時間広がり  $a$  が無視できかつ理想的な矩形パルスという前提で、おおよそゲートパルス幅  $t_w$  から電子走行時間  $t_r$  を減算した値になると考えられる。この手法では高々 2 つのダイノードに同時にゲートパルスを印加すればよいので、回路構成もシンプルにでき、複雑なタイミング調整も不要である。このようにして、印加するゲートパルス幅よりも短い分解時間が達成できる。

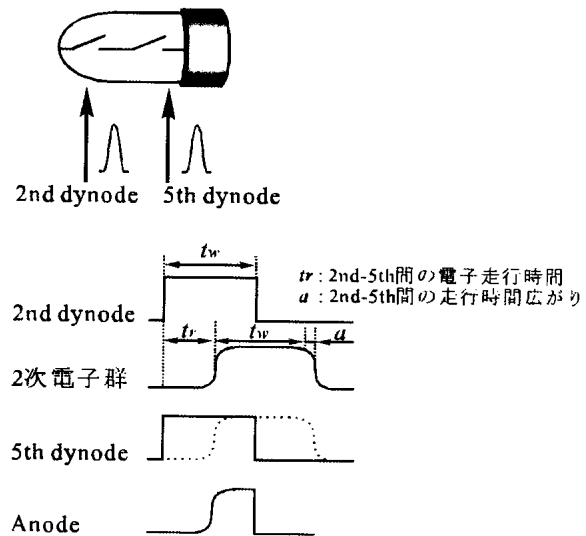


Fig.1 Principle of the PMT gating method

## 3. 実験

使用した PMT は、管内電子走行時間が 5.5 ns の小型メタルパッケージタイプ (R7400U, 浜松ホトニクス) である。ゲートパルス発生回路には、アバランシェトランジスタ (ZTX415, ZETEX) を 2 個並列配置した。過渡波形取得のためのボックスカー積分器 (自作) の出力を GP-IB 制御されたデジタルボルトメータ (HP34401A, HP) を経て、コンピュータ上の LabVIEW に取り込んだ。試験用ナノ秒パルス発生器には、アバランシェトランジスタと青色 (NSPB300A, 日亜化学) を用いた。

#### 4. 結果

Fig.2(a)に2番ダイノードと5番ダイノードを同時制御したときの測定結果を示す。ゲートパルス幅は、半値全幅(FWHM)で3.5 nsであり、ナノ秒パルス点灯させた青色LED光を適当に減衰させた。1.6 ns (FWHM)のパルス波形が取得されているが、この測定結果から以下の結論が得られる。(1)ゲートパルス幅よりも狭いFWHMの波形が取得可能、(2) 被測定パルス光のFWHMを1.5nsとすると分解時間は0.56ns。Fig.2(b)には、2番ダイノードと5番ダイノードをそれぞれ単独で制御したときの測定結果を示す。各々の波形のオーバーラップした部分が、おおよそ(a)の波形を与えていることが判る。

Fig.3には、本ゲート手法を用いて、白色LED (NSPW300BS, 日亜化学)をナノ秒パルス点灯させたときの過渡発光波形を示す。aは中心波長455 nmの干渉フィルタ (VPF-25C-10-45-45550, シグマ光機)を挿入して測定した場合、bは長波長透過フィルタ(V-Y49, 東芝)を挿入して測定した場合の結果である。青色励起光は駆動電流パルスとほぼ同様な波形であるのに対し、それより長波長成分の蛍光寿命は約75 nsであることが判る。

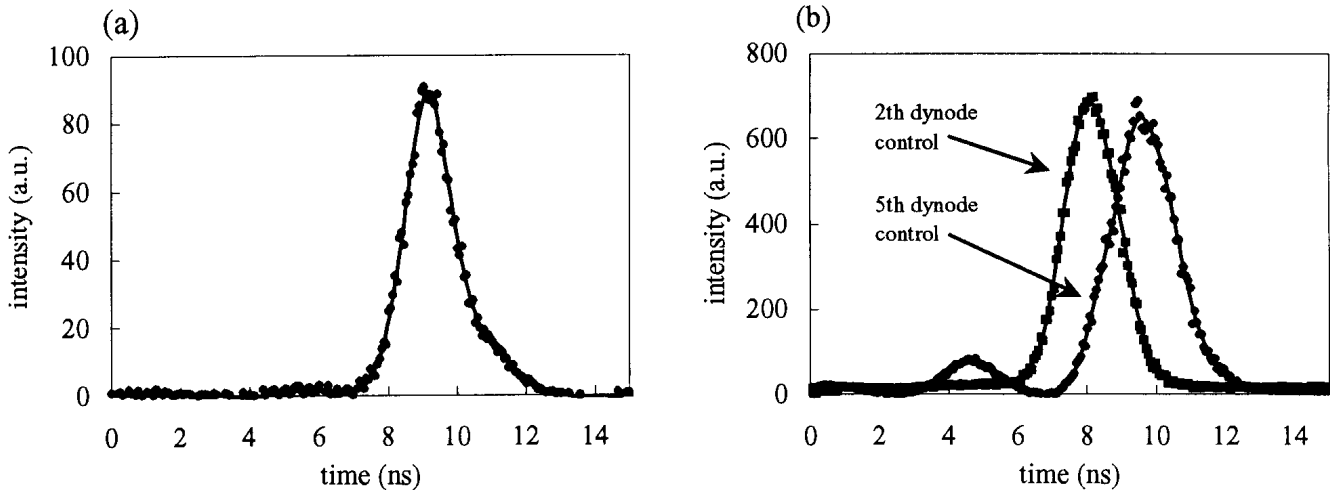


Fig.2 Temporal emission waveform of a blue LED (NSPB300A, Nichia) driven by an avalanche transistor. (a) measured by the two-dynode (2<sup>nd</sup> and 5<sup>th</sup>) simultaneous gated PMT, (b) measured by a single dynode (2<sup>nd</sup> or 5<sup>th</sup>) gated PMT.

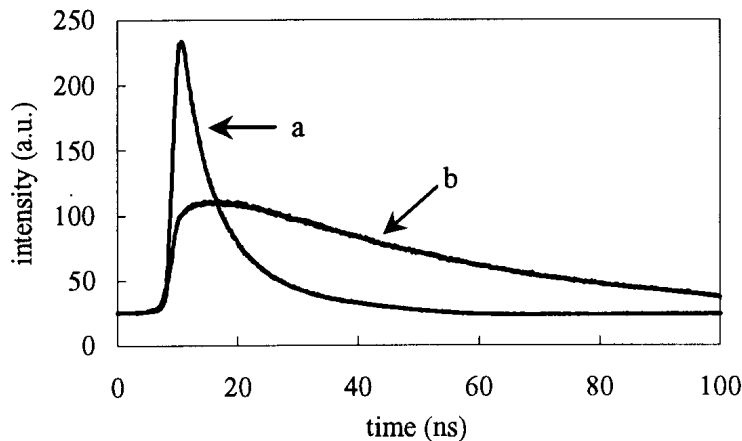


Fig.3 Temporal emission behavior of a white LED (NSPW300BS, Nichia) driven by an avalanche transistor with a nanosecond-pulsed mode measured by the gated PMT. (a) Through an interference filter (VPF-25C-10-45-45550, Sigma), (b) through a low-pass filter (V-Y49, Toshiba).

#### 5. おわりに

ここで使用したPMTの場合は、2番ダイノードと5番ダイノードの同時制御を行った。制御すべき2つのダイノード間隔は、ゲインと分解時間とのトレードオフで決定される。すなわち、間隔を広くするとゲインの低下を招き、間隔を狭くすると分解時間の低下を招く。微弱光測光で、より高いバックグラウンド除去比が要求される場合には、バックグラウンド補償型の2チャンネルボックスカー積分器をPMT後段に配置すれば解決できる。

文献 (1)高須、荒木、岩田、第49回応用物理学関係連合講演会要旨集 No.3, (2002).