

# 最近の技術から

## 光オシロスコープ

沢木 昭 弘

浜松ホトニクス(株)システム事業部第33部門 〒431-32 浜松市常光町 812

### 1. ま え が き

通常のおシロスコープが電圧や電流波形の時間変化を測定するのに対し、光オシロスコープは光波形の時間変化を測定する。

従来、よく用いられている光波形の時間変化を測定する方法は、まず高速フォトダイオードで受光して電気信号に変換し、それを高帯域なオシロスコープに接続して波形観測するやり方である。これも光オシロスコープと言えるが、この方式では応答速度やリングングなどによりおのずと限界がある。

ここで紹介する光オシロスコープはこうした方式とは異なるもので、ストリーク技術を応用した光パルス測定専用のオシロスコープである。高速応答、広ダイナミックレンジ、無波形歪みといった特徴を持つ。

### 2. 光オシロスコープの動作原理

ここで述べる光オシロスコープは、「サンプリングストリーク管」を光検出部に用いる。サンプリングストリーク管とは一種の真空管であり、光入力部は光電面、信号出力部は蛍光体となっている。光電面で信号光を光電子に変換し、管内で光電子を高速処理することによ

り、高速応答、広ダイナミックレンジ、無波形歪みといった優れた性能を実現できる。高速処理された信号は出力部の蛍光体で再び光に変換され、カメラや光電子増倍管等でゆっくり読み出される。この読み出しには、もはや高速性は不要である。

動作原理図を図1に示す。光信号は図左側からリレーレンズを介してサンプリングストリーク管の光電面に入射し、ここで光電子に変換される。光電面の変換時間はフェムト秒オーダーと高速であり、歪みも生じない。光電子は真空中を加速されて右方に向かい、途中の偏向電極の主掃引電圧で軌道を曲げられる。そしてサンプリングスリット板上に空間的に並べられる。すなわち、時系列の信号がここで空間列に変換される。この板上に開けられたスリットを光電子の一部が通過する。すなわちサンプリングされる。サンプリングされた光電子は出力面の蛍光体に衝突し再び光に変わる。

蛍光体で変換された光の強度を光電子増倍管で読み出して電気信号に変換・増幅し、後段の処理装置に取り込む。ここで重要な点は、サンプリングされた後の信号の情報は強度のみなので、蛍光体や光電子増倍管に高速応答が必要とされないということである。実際、蛍光体の応答時間はマイクロ秒オーダーである。

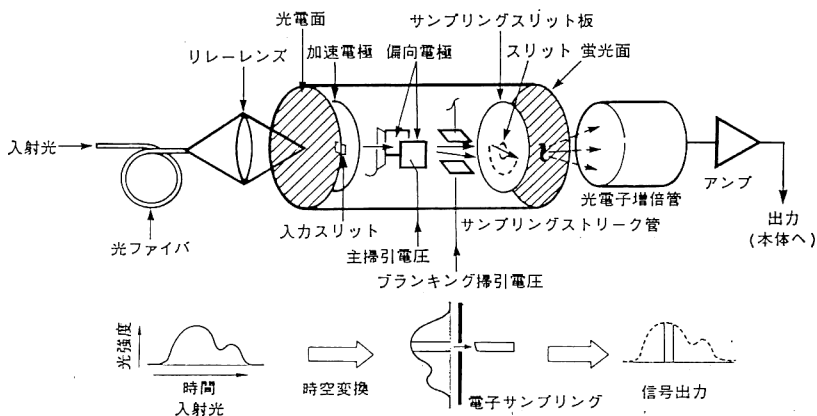


図1 サンプルングストリーク管の動作原理

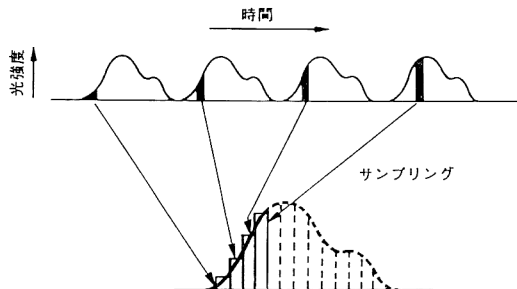


図2 サンプリングによる波形の再現

主掃引を行う偏向電圧のタイミングを少しずつずらし、サンプリングするタイミングを走査し図2に示す波形を得、これらを合成して被測定光信号の全体波形を再現する。

このように、サンプリングストリーク管内では、真空中を走行する電子を取り扱っているため、高速な処理が容易であるとともに、原理的に歪みが生じることがないのである。

### 3. 性能

上述のように光オシロスコープではサンプリングストリーク管を採用しているがゆえに、従来の高速フォトダイオードとオシロスコープの組み合わせでは得ることのできない以下の性能を持つ。

1) 10 ps の時間分解能を持つ：装置の時間分解能を知るには、装置の時間分解能より十分速い光パルス进行测试してみれば良い。図3 (a)は、CPM リングレーザー (パルス幅 100 fs 以下) を測定した例である。立上り時間 = 8.7 ps, 半値幅 = 10.9 ps の分解能が得られている。

2) 1000 : 1 以上の強度軸方向のDレンジを持つ：図3 (b)は、蛍光寿命を測定した例である。縦軸は log 表示されている。3桁のDレンジを得ている。

3) 波形歪みを生じない：図4は、半導体レーザーからの短パルス光を測定した例である。比較のために高速フォトダイオードでの測定結果も示している。光オシロスコープでは、フォトダイオードの場合のようなリング等の波形歪みを生じていないことがわかる。

### 4. 応用例

ここでは光オシロスコープで実際に半導体レーザーを測定した例を紹介する。

次の特性を持つ光情報処理用半導体レーザーのパルス応答を測定した。波長 = 780 nm,  $I_{th} = 37$  mA,  $P_{out} = 30$  mW at  $I_{op} = 73$  mA, 駆動条件は、繰返し = 25 MHz, パ

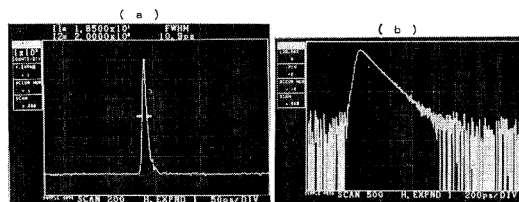


図3 光オシロスコープの時間分解能(a)とDレンジ(b)

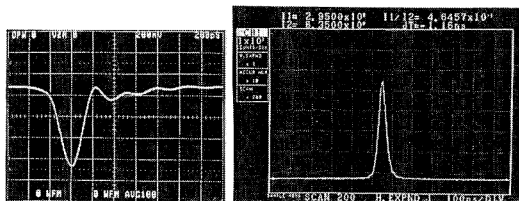


図4 波形歪みの比較

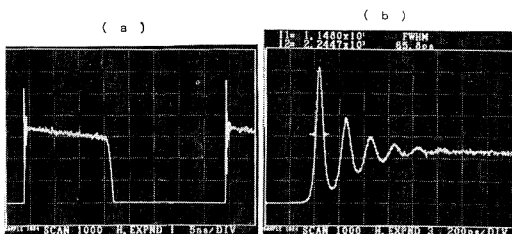


図5 半導体レーザーのパルス応答測定

ルス幅 = 20 ns, ピーク電流 = 73 mA である。

測定結果を図5に示す。(a)は時間軸 5 ns/div で全体のプロファイルを観測し、(b)は時間軸 200 ps/div で立上り部分の緩和振動を観測している。

以下のことがわかる。

- ・立上り部分での緩和振動パルスから、緩和振動周波数は約 5 GHz である。
- ・緩和振動パルスの強度は定常置 (= 30 mW) の 2.7 倍、すなわち 80 mW である。
- ・発光パルス幅 = 17.5 ns であることから、発振遅れ時間は、 $20 \text{ ns} - 17.5 \text{ ns} = 2.5 \text{ ns}$  である。

### 5. まとめ

光オシロスコープとして、サンプリングストリーク管を用いた方式を説明した。光通信や光情報処理など半導体レーザーを用いたシステムが一般化している現在、高速光パルスを正確に計測できる光オシロスコープはますます必須となっていくであろう。

(1992年10月23日受理)