

Abstract We present a new method of extending dynamic range of photomultiplier tube signal with a high speed A/D converter and computing. PMT signal can be detected by same detection system, both in multi photoelectron event and in single photoelectron event.

1. はじめに

光電子増倍管(PMT)は、紫外から近赤外域の高感度なレーザレーダの光検出器として用いられている。PMTの出力信号は入射光パワーの大きさにより大きく2つの状態に分けられる。1つは入射光が強く、光電面よりPMTの分解時間内に多数の光電子が放出される状態で、MPE(Multi photoelectron event)と呼ばれる。この時の信号は光電子パルスが重なりあい、アナログ信号となる。もう1つは入射光が微弱になり光電面より放出される光電子パルスが時間的にばらばらに検出される状態で、SPE(Single photoelectron event)と呼ばれる。この場合の出力信号処理には、フォトンカウンティング方式と呼ばれるデジタル方式が用いられている。

レーザレーダの受信信号は近距離からの散乱光強度は大きい、遠距離からの散乱光強度は距離の2乗に反比例するため急激に小さくなる。このため入射光強度のダイナミックレンジは広く、PMT出力は時間とともにMPEからSPEへと連続的に移行している。従来はこれを遠距離用と近距離用の別系統の受光系を用いて測定を行なっているが、装置の複雑化、2系統のデータの整合性等の問題がある。

本報告ではPMTの出力信号をPMTの分解時間程度のサンプリング時間を持つAD変換器で、PMTの出力の状態がMPE、SPEに関わらずサンプリングし、後にソフトウェア処理で適当なパラメータの計算から光強度を求めることにより、1組の受光ハードウェアでSPEの極微弱光からMPEの比較的強い光までを検出する方法を提案し、その基礎的な実験結果について示す。

2. 実験方法

実験システムの概略をFig. 1に示す。熱雑音を減少させるために冷却されたPMTに、He-Neレーザビーム($\lambda=632.8\text{nm}$)をNDフィルタで減衰させ入射する。PMTの出力は50 Ω 負荷で10nsec毎、8bit分解能で32kByteまでデジタルオシロスコープ(Lecroy 9400A)でサンプリングされ、データはコンピュータ(PC9801 VM2)に転送される。NDフィルタの濃度を変えることによりPMTへの光入射強度を変化させる。デジタルオシロスコープに取り込んだデータを、ソフトウェア処理により、まずMPEかSPEかの判断を行ない、続いて①パルス(ピーク値)のカウント、②分散値の計算、③平均値の計算を行なう。従来のフォトンカウンティング法との比較のため、ディスクリミネータとカウンターによるカウントも同時に行なう。

3. 実験結果

まず初めにSPEにおけるPMT出力のAD変換データからソフトウェア処理によって得られたパルスカウント値と、同時に測定した従来のディスクリミネータを用いたカウント値との比較を行なった。その結果、両者はほぼ1対1の相関があり、ソフトウェア処理によるカウントが可能であることを確認した。

次に入射光パワーとソフトウェア処理により求めた各パラメータとの関係について調べた。Fig. 2 (a)に入射光電力に対するカウント値、(b)に入射光パワーに対する分散値、(c)に入射光パワーに対する平均値の測定計算結果を示す。カウント値はおおよそ 10^{-14} ~ 10^{-11} W、分散値は 10^{-12} ~ 10^{-10} W、平均値は 10^{-11} ~ 10^{-10} Wの範囲でそれぞれ入射光パワーと比例関係がある。これら3つを組み合わせることにより、 10^{-14} ~ 10^{-10} Wの広いダイナミックレンジが得られることになる。フォトンカウンティング法ではデータ長を長く取れば、さらに微弱な光の検出も可能である。

4. まとめ

PMTの出力を直接AD変換し、コンピュータによりパルスカウント値、分散値、平均値の計算を行ない、これら3つのパラメータを適宜選ぶことにより極微弱光から比較的強い光の強度を求められことを実験的に確認した。本方式をレーザーダハ適用することにより、PMTが飽和しない範囲において近距離から遠距離までのデータを一組の受光系で得ることができ、装置の構成の簡略化がはかれる。実際にレーザーダハに適用する場合には、積算の合間にリアルタイムで信号処理を行ない、光強度に換算した上で積算する必要がある。

本研究は文部省科学研究費補助金(01750040)の援助のもとに行なわれた。

参考文献 市村、稲葉；応用物理 39, 913 (1970)

浜松ホトニクス技術資料、ET-05

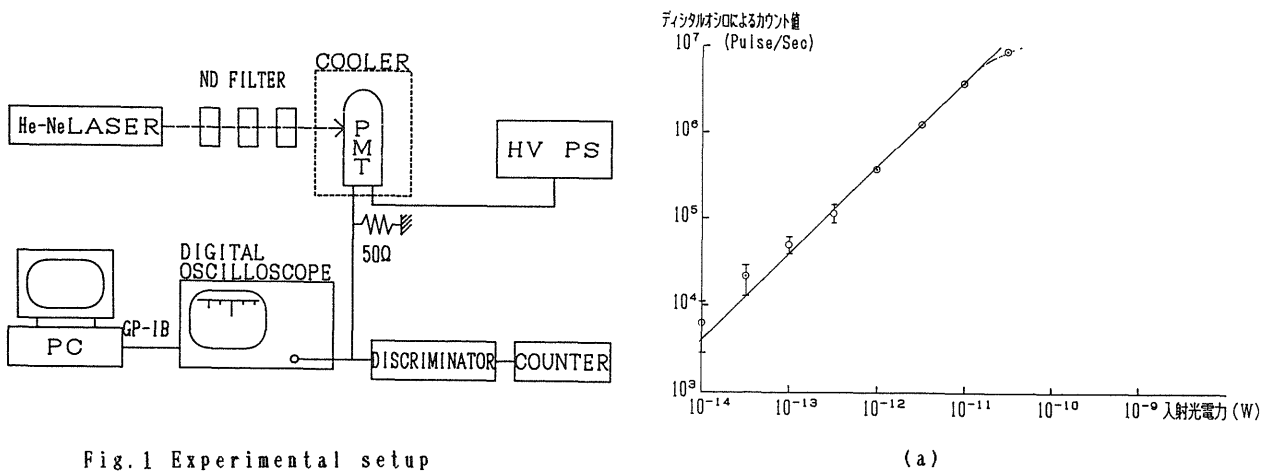
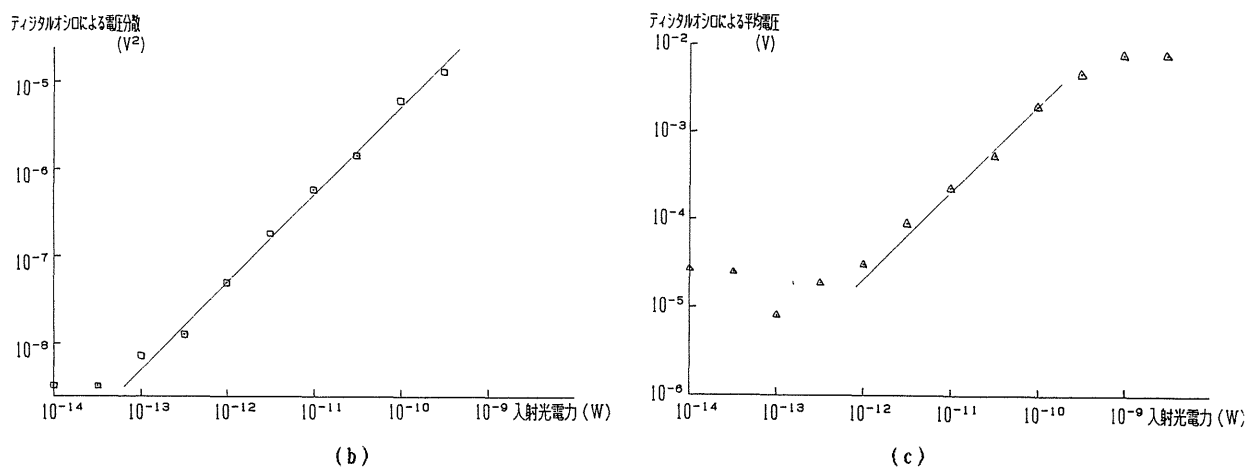


Fig. 1 Experimental setup

(a)



(b)

(c)

Fig. 2 Computed parameter as a function of input power (a) count value, (b) variance, (c) average