

# 高感度半導体光検出器 MAPD の性能評価

応用物理学科 濱端 哲史  
指導教官 新川 孝男 教授, 松村 徹 助手

## [目的]

癌細胞がブドウ糖を取り込むことを積極的に利用した陽電子放出核種断層撮像(PET)と MRI を組み合わせることにより、癌の位置をより精度良く特定できることが期待される。しかしながら、現在 PET の光検出器に利用されている光電子増倍管(PMT)は、MRI の磁場環境中で正常に動作させることができず、実用化に至っていない。そこで、光電子増倍管に変わる小型光検出器として MAPD が期待されている。MAPD は、ガイガーモードで動作するアバランシェフォトダイオード(APD)が 1mm 角に数百ピクセル配列した高感度半導体光検出器である(図 1)。この素子は動作に磁場の影響を受けず、1 光子から検出可能であるため、これが PET に用いられれば PET-MRI 装置を実用化できる。そこで、本研究では PET への応用を目指した MAPD の性能評価を行った。

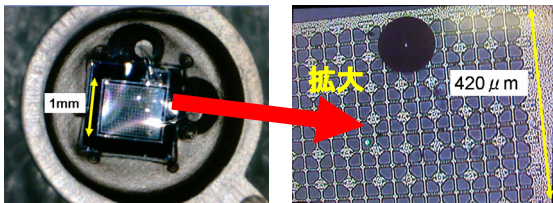


図 1 MAPD 受光面の拡大写真

## [性能評価]

本研究では型番 S60A,B,C の 3 つのサンプル (いずれも 900 ピクセル) について性能評価を行った。図 2 のセットアップを用いて、電圧や温度を変化させることにより MAPD の応答を測定した。

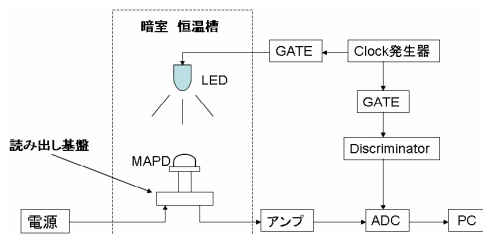


図 2 セットアップ

## [結果]

測定項目は増幅率、ノイズ計数率、クロストーク率、光子検出効率 (PDE) の 4 つである。図 3 に増幅率の測定結果例を示す。いずれのサンプルも温度変化、電圧

変化に対して  $8.0 \times 10^5 \sim 1.2 \times 10^6$  程度の増幅率を有しており、PMT と遜色のない増幅率であった。また、温度による増幅率の変化量が  $-4.4\%/^{\circ}\text{C}$  であることを確認した。従って実用上  $0.1^{\circ}\text{C}$  程度の温度制御が必要である。熱電子によるノイズ計数率は温度及び電圧とともに増加し、ブレイクダウン電圧から 1V の印加電圧の時、 $15^{\circ}\text{C}$  で 140kHz、 $20^{\circ}\text{C}$  で 180kHz、 $25^{\circ}\text{C}$  で 300kHz であった。ノイズ計数率が高いと偶発同時計数率が増えるが、数光子以上を信号として要求すれば問題ない。クロストークとは、1 ピクセルがガイガー放電した際に発する光が周辺のピクセルを放電させる現象であり、入射光量に対する受光量の線形性に影響する。クロストーク率はバイアス電圧の増加に伴い増加し、温度による影響は見られず、15% 程度であった。PDE の測定は、PMT で入射光量をモニターし、同じ光量の光を MAPD に受光させることによって行った。その結果、PDE は 8% 程度 (PMT のおよそ半分) であった。PDE の改善を検証するため、1 つのピクセルを一次元方向にレーザースキャンすることで有感領域を測定した。結果、有感領域は 30~35% であった。よって、1 ピクセルあたりの有感領域を広げることで PDE を上げることができると考えられる。以上のことから MAPD を PET に用いるには、温度及びバイアス電圧の精密な管理、PDE の改善が求められ、これらを解決すれば PET に十分使用できると結論した。

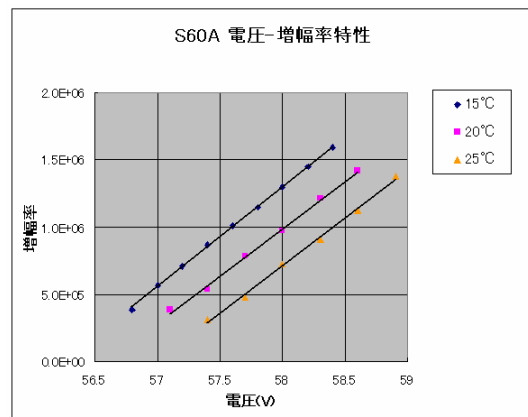


図 3 増幅率測定結果