

# 半導体光検出器 MPPC の増幅率と光子検出効率の測定

応用物理学科

中村 進晃

指導教官

新川 孝男 教授, 松村 徹 助教

## [目的]

癌の検査方法の一つである陽電子放射断層撮影 (PET) と磁気共鳴画像装置 (MRI) を組み合わせることにより、癌の位置をより精度良く測定できることが期待されている。そのためには強磁場中で動作する高感度光検出器が必要である。最近、浜松ホトニクス社で開発された MPPC はその候補の一つである。MPPC は、個別に動作する複数のガイガーモード APD ピクセルから成る光子計数素子であり、磁場の影響を受けず、高い増倍率 ( $\sim 10^6$ ) や優れた時間分解能 ( $\sim 100\text{ps}$ ) を持ち、波長 270~900nm の 1 光子から検出可能である。従来、光検出器として PET に用いられてきた光電子増倍管は、高電磁場の為 MRI と併用できない。磁場の影響を受けない MPPC を PET に用いれば PET-MRI 装置を実用化できる。PET-MRI 装置は高い増幅率と優れた光子検出効率が求められる。そこで、本研究では、PET への応用を目指した MPPC の測定実験を行った。

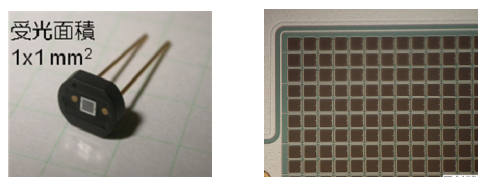


図 1 400 ピクセル MPPC 素子(左)と受光面拡大図(右)

## [測定の方法]

本研究では型番 S10362-11-050C (図 1) の MPPC (ピクセルサイズ  $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ ) を用いて測定を行った。光源として LED (波長 470nm) を使用した。電圧と温度をそれぞれ変化させ、出力電荷量  $Q$  を測定することにより増幅率を求めた。また光子検出効率は、入射光量を光電子増倍管で校正した上で MPPC の出力電荷量  $Q$  より求めた。

## [結果]

図 2 に増幅率の測定結果を示す。15、20、25°C の温度条件の下、それぞれ 5 点の印加電圧で測定した。各測定点において増幅率は  $8.0 \times 10^5 \sim 1.3 \times 10^6$  であり、光電子増倍管と遜色のない増幅率であった。また、MPPC の増幅率は、 $Q=C(V-V_0)$  の関係より MPPC の増幅率と印加電圧の間には直線的に変化することが分かった ( $V_0$  は降伏電圧、 $C$  は MPPC ピクセルの静電荷量)。MPPC の増幅率に温度依存性が見られる。これは

温度が上昇すると、結晶の格子運動が激しくなり、加速されたキャリアのエネルギーが十分に大きくなり、それにより結晶と衝突する確率が大きくなるためであり、それによりイオン化が起りにくくなって降伏電圧も大きくなる。従って、 $Q=C(V-V_0)$  より、結果的に温度が上昇すると一定の逆バイアスにおける増幅率が小さくなる。一定の出力を得ようとする場合には、温度によって逆バイアスを変化させるか、素子の温度を一定に保つ必要がある。

20°C における光子検出効率の結果を図 3 に示す。印加電圧を上げるにつれ光子検出効率は上昇し、26%~36% 程度であった。これは一般の光電子増倍管 (15%~20%) よりも高い光子検出効率である。光子検出効率が印加電圧に依存する理由は、電圧が上がるにつれて空乏層内の電界が強まりイオン化率が上昇し、なだれ増幅が起きやすくなったためと考えられる。

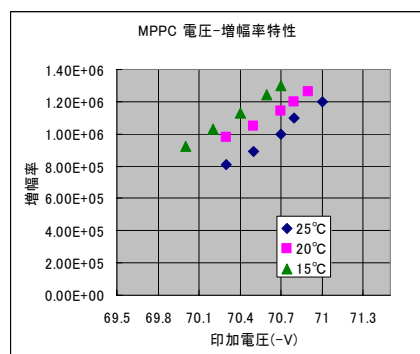


図 2 増幅率測定結果

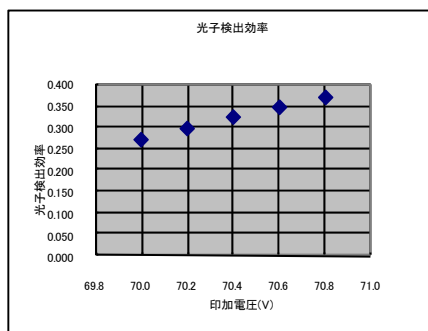


図 3 光子検出効率測定結果

## [まとめ]

MPPC の増幅率には電圧・温度の依存性が見られ  $8.0 \times 10^5 \sim 1.3 \times 10^6$  であった。また、MPPC の光子検出効率も電圧の依存性が見られ 26%~36% と測定された。