

# 光半導体検出器 MPPC の基礎特性についての研究

6411008 小関 真悟  
基礎物理学教室

## 論文要旨

素粒子実験に用いられる、光検出器で最も代表的で主流な物は光電子増倍管であろう。単一光子レベルまで検出可能な超高感度、高速動作、低ノイズ、広い受光面積などを特長としているため、幅広い分野で使用されているためだ。しかし時代が進むにつれ、使用環境も多岐にわたり、より過酷な環境下での動作を求められてきた。一般的な光電子増倍管は大型であり、高電圧（1000V）での動作、磁場中では性能が著しく低下するなどの欠点が存在している。

MPPC (Multi Pixel Photon Counter) は浜松ホトニクス社により製造された光半導体、フォトダイオードの一種である。本研究で使用した MPPC は型番 S10362-11-025C の有効受光面 1 mm×1 mm 内に計 1600 ピクセルの APD (アバランシェ・フォトダイオード) が敷き詰められているものだ。APD とは逆電圧を降伏電圧以上印加することにより生じる、アバランシェ増幅と呼ばれる現象を利用したフォトダイオードである。MPPC はその APD を二次元に並列接続した構造になっている。降伏電圧以上を印加すると、各 APD はガイガーモードで動作し、MPPC 全体の出力は反応した APD のパルスの総和となるため、入射した光子数を見積もることが出来る。

本研究室で参加している実験の一つに Ashra 実験 (All-sky Survey High Resolution Air-shower detector) というものがある。広視野、高分解能の望遠鏡を用いて、集光器からの連続イメージ撮像と高エネルギー宇宙線シャワーのトリガー撮像を常時全天同時観測するものである。集光器 1 台につき 64 ピクセル×64 ピクセル、計 4096 ピクセル存在し、2×2 ピクセルを 1 チャンネルとしているため 1024 本の光電子増倍管を使用することになる。現在はステーションにある 62 台の光電子増倍管で、特定のチャンネルを測定している。仮にこの方式で運用すると、全天監視のため、計 40 台もの集光器が必要となっているため総数 40960 チャンネル、それと同数の光電子増倍管を必要とする。

今回研究対象とした MPPC は、光電子増倍管のデメリットを克服しており、100V 以下 (実験においては 70V 程度) での電圧で動作し、磁場の影響を受けないものとなっている。しかしながら、増倍率は  $10^5 \sim 10^6$  と光電子増倍管に匹敵する大きさを持っているとされている。

本研究では、MPPC の出力電圧をカウントする事により、熱励起によるノイズが光電子相当数ごとの等間隔なピークを示していることを確認した。よって、MPPC は光子 1 つからの検出が可能という、非常に優れた検出能力を持っていることが示された。また、使用した MPPC の増倍率は  $10^6$  あり、光電子増倍管と何ら遜色ない性能であることが確認された。よって、低電圧で動作しながらも、小型で光電子増倍管と同等の増倍率を持つことが確認できた。