

卒業論文概要書

CD

2013年 1月提出

学籍番号 1Y09B020-5

所属学科	応用物理	氏名	呉井 洋太	指導員	片岡 淳 印
研究 題目	極限環境下における半導体光センサーMPPC の動作実証				

【はじめに】

素粒子実験や医療に応用されている光検出器のひとつに光電子増倍管(PMT)が挙げられる。PMTは高い増幅率と高感度・高速時間応答特性からカミオカンデや陽電子断層撮影装置(PET)などに応用されている。しかしPMTは構造上、小型化・低コスト化が困難であり、さらに磁場中での動作が不可能である。これに代わる素子として半導体光検出器のAvalanche Photodiode (APD)が挙げられる。APDは磁場の影響を受けず、高い量子効率を持つものの、内部増幅率がPMTに比べると低く、ノイズの影響を受けやすい。専用の積分アンプを使用しなければ信号の読み出しが困難なため、時間分解能もアンプの性能で律速されることが多い。そこで、Multi-Pixel Photon Counter (MPPC)が近年注目を集めている。

MPPCはガイガーモードAPDを二次元に配列しており、小型ながらPMTに匹敵する増幅率をもつ。また、磁場の影響を受けず、次世代MRI-PETを目指す上で最良の素子であるといえる。このような利点から、MPPCは素粒子・原子核実験や宇宙線実験への広い応用も検討されているが、放射線や磁場に対する耐性は不明である。そこで、本研究では、MPPCの(1)放射線耐性試験、(2)磁場耐性試験を行った。

【方法・結果】

[1] 放射線耐性試験

加速器・宇宙実験使用を目指した耐放射線試作品MPPCと従来品MPPCを浜松ホトニクス社からお借りし、陽子線照射前後の性能評価を行った。

(1-1) ゲイン測定

10krad照射した素子について、Amパルサーのスペクトルを取り、ピーク位置の変化からゲインの変化を追った。その結果、試作品・従来品ともに著しいゲインの変化は起こらなかった。

(1-2) 暗電流測定

10krad, 100krad照射した素子について、Keithley 2400で暗電流測定を行った。その結果、照射前に比べ、全素子で暗電流の増加がみられ、また、時間経過により増加率の減少がみられた。さらに、従来品に比べて試作品は増加率が70%程度低いという結果が得られた(図1)。

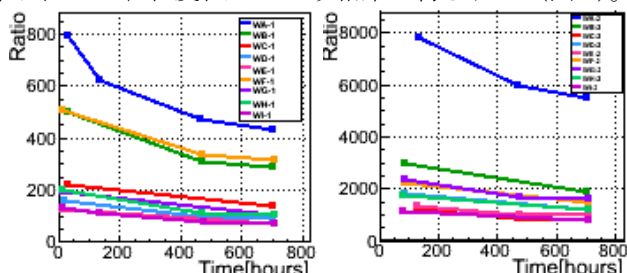


図1. 増加率の時間変化 (左:10krad照射, 右:100krad照射)

(1-3) ダークカウント測定

10krad, 100krad照射した試作品について、ダークカウント測定を行った。その結果、全素子でダークカウントの増加がみられた。また、ダークカウントの増加率と暗電流の増加率に相関関係がみられた。

[2] 磁場耐性試験

次世代PETのひとつであるMRI-PETを目指す先駆けとして、4.7T MRI中におけるMPPCの動作確認・性能評価試験を行った。測定には²²Na(511keV)をもちいて評価を行った。また、MRIの撮像はFSE(Fast Spin-Echo)法、GE(Gradient-Echo)法にて行った。

(2-1) 単素子MPPC

「磁場外」「磁場中」「磁場中+シールド」というフィルタ回路の3種類の配置について、磁場外、静磁場中、FSE中、GE中にて測定を行った。その結果、静磁場中では3種類ともノイズは見られなかった。また、FSE中、GE中でもMRIの周期的なパルスによるノイズは見られるものの、511keVに影響を与えるノイズは見られなかった。また、分解能も大きな差はなかった。

(2-2) 対向アレーによるイメージング

2つのMPPCアレーを対向させ、磁場外、FSE中、GE中にて線源のイメージングを行った(図2左)。取得したイメージのプロジェクトンを取り、ガウシアンによるFWHMで評価をした。その結果、FWHMに有意な差は出なかった。

さらに、MPPCの動作中・動作停止中・MRIの外に出した場合の3種類について水道水のファントムをMR画像として取得し、断面プロットの比較・SNの評価を行った(図2右)。その結果、MPPCをMRIの外に出した場合に比べ、若干SNが悪くなるが、実用レベルでは全く問題ないことが分かった。

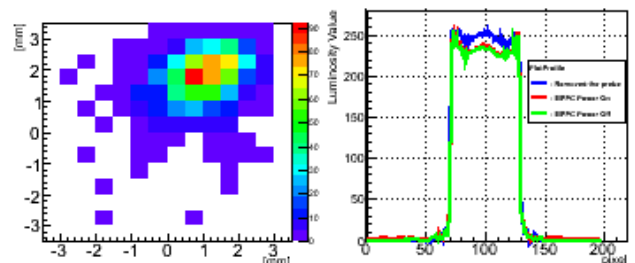


図2左:線源イメージ(磁場外) 右:ファントムの断面プロット

【まとめ】

(1)では、従来品に比べ試作品は陽子線への耐性が強いという結果が得られた。今後の素粒子・宇宙実験応用に向けて明るい兆しであるといえる。(2)では、MRIからMPPCへの影響はほぼないが、MPPCからMRIへ若干の影響がある。今後さらなる改善を目指したい。