ガンマ線観測に向けたピクセル型 CdTe 半導体検出器の開発

Development of CdTe Pixel Semiconductor Detector for Gamma-ray Observations

Kavli IPMU[1], JAXA[2] ○(M1)峰 海里[1], 織田 忠[1], 河村 天陽[1], 武田 伸一郎[1],
渡辺 伸[2], 池田 博一[2], 高橋 忠幸[1]

Kavli IPMU[1], JAXA[2] °Kairi Mine[1], Tadashi Orita[2], Tenyo Kawamura[1], Shin'ichiro Takeda[1],
Shin Watanabe[1], Hirokazu Ikeda[1], Tadayuki Takahashi[1]

E-mail: kairi.mine@ipmu.jp

ガンマ線の高感度・高精度観測を実現するには、検出効率、エネルギー分解能、位置分解能において優れた放射線検出器の開発が必要である。そのような検出器として我々が研究開発を進めているのがピクセル型 CdTe 半導体検出器である。

放射線検出器にはシンチレータと半導体検出器があるが、間接変換型のシンチレータに比べて直接変換型の半導体検出器は位置分解能が優れている。また半導体検出器はシンチレータに比べて単位エネルギーあたりのキャリア数が多いため、統計的ゆらぎが小さくエネルギー分解能が優れている。半導体の中でも CdTe は原子番号が大きいため反応断面積が大きく、バンドギャップエネルギーが大きいため大掛かりな冷却装置を必要としない。これらの特徴から CdTe 半導体検出器は宇宙観測、医療、非破壊検査など放射線検出に関わる様々な分野に適用されている[1,2]。

CdTe 半導体検出器は以上のような利点を持つ一方で、正孔の輸送特性が電子に比べて小さいため、検出器内部で生じた正孔を電極に集めきれずエネルギー分解能が悪くなるという問題がある。これを解決するために我々は、電極をピクセル化することで電子による誘導電荷を正孔による誘導電荷よりも大きくして、電子由来の信号のみを用いた検出器を開発している。さらにピクセル型検出器には低い入力浮遊容量とゴーストヒットを回避できるという利点もある。

本研究では、従来のピクセル型 CdTe 半導体検出器をもとに TSMC0.35-μm プロセスで 250μm ピッチ、28×28 チャンネルの新しいピクセル検出器読み出し用 ASIC の開発を行った[3]。ASIC 中の 10 ビットウィルキンソン ADC は並列 AD 変換を行い、信号はピークホールドまたはサンプルホールドモードで処理及び取得できる。この ASIC を用いて 750μm 厚の CdTe 素子の特性を評価した。その結果、図 1 のように 59.5keV のガンマ線に対し FWHM で 1.3keV のエネルギー分解能を得た。本講演ではこのピクセル型 CdTe 半導体検出器の特徴及び性能評価の詳細について述べる。

[1]. Eisen, Y., A. Shor et al. "CdTe and CdZnTe gamma ray detectors for medical and industrial imaging systems.", NIMA 428.1 (1999): 158-170.

[2]. Takahashi, Tadayuki, and Shin Watanabe. "Recent progress in CdTe and CdZnTe detectors." IEEE Trans. Nucl.Sci 48.4 (2001): 950-959.

[3]. Sato, Goro, et al. "Development of low-noise front-end ASIC for hybrid CdTe pixel detectors.", IEEE Trans. Nucl.Sci 58.3 (2011): 1370-1375.

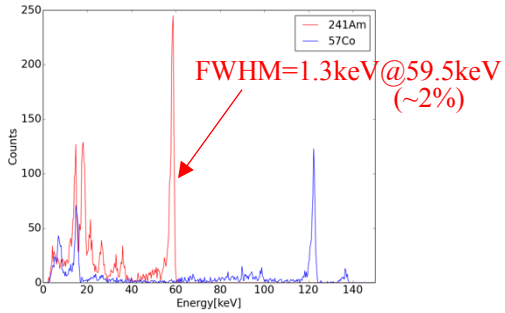

図 1. Am241 と Co57 のスペクトル