

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01/ 11/ 2012 (MM/DD/YYYY)

専攻名 (専門分野) Department	物理学及 応用物理学専攻	氏名 Name	三浦 大陽	指導 教員 Advisor	片岡 淳 印 Seal
研究指導名 Research guidance	放射線 応用物理学研究	学籍番号 Student ID number	5310A089-0 CD		
研究題目 Title	MPPC を用いたフォスウィッチ型ガンマカメラの開発				

【はじめに】

2011年3月に発生した東日本大震災により、我が国は甚大な被害を被った。特に福島第一原子力発電所の事故は放射線計測の重要性を再認識させたが、ガンマ線を含む放射線は肉眼で直接確認することが難しく、危険な現場に深く入り込むことなしに汚染区域を特定することは難しい。線量計やサーベイメータと言ったガンマ線の線量を計測する機器は世の中に多く存在するが、ガンマ線を撮像するタイプ(ガンマカメラ)は技術的・費用的な問題で広く普及しておらず、また通常用いられるデジタルカメラなどに比べると、解像度が非常に粗い。ガンマ線のイメージと可視光のイメージを重ねることは遠方から放射性物質による汚染分布を知る上で非常に有効であり、ガンマ線でも可視光画像に迫る解像度を有する撮影技術が求められている。

さらに、放射線物質はどこに、どの程度存在するか全く予想できないため、カメラ視野外からくるバックグラウンドを効率良く除去し、目的とする方向の線量を正確に測る技術も必要となる。ここで、宇宙における天体観測など、特にバックグラウンドの高い環境下で感度の高いガンマ線計測を行う手法に、フォスウィッチ検出器がある。二つの異なるシンチレータを組み合わせ、片方をアクティブなコリメータ、他方を主検出部として利用する。両者の蛍光時定数の違いを利用して反同時計数を取ることで、視野外から来るバックグラウンドを効率良く除去する。本研究では、このフォスウィッチ技術に着目し、新型光センサー-MPPC 及び新たに開発した微細加工アクティブ・コリメータを使って、低バックグラウンド・高解像度ガンマカメラの要素技術開発を行った。

【ガンマカメラの開発】

ガンマカメラの主検出部に LYSO を、アクティブ・コリメータに BGO を採用し(図 2.(右))、両者の読み出しをモノリシック 4x4 MPPC アレー(3mm 角 50 μ m タイプ、図 2.(中))で行った。

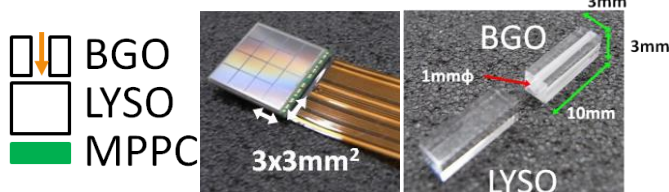


図 2. ガンマカメラの概念図(左)、及び MPPC アレー(中)と BGO/LYSO 単結晶(右)

MPPC とは浜松ホトニクス社から市販されている新型半導体光検出器 Multi-Pixel Photon Counter の略称であり、半導体素子でありながら光電子増倍管に匹敵する高ゲイン($\sim 10^6$)を持つ。

LYSO 及び BGO の結晶サイズは 3x3x10mm³ であり、それぞれ硫酸バリウムを反射材に 4x4 マトリックスに組み上げた。信号の読み出しは LYSO 側から行い、前面に BGO コリメータを設置した(図 2.(左))。なお、側面及び背面はタングステンでシールドした。BGO シンチレータには超音波加工で 1mm ϕ (視野角 6度)の穴を開けたが、この技術は本研究で初めて確立したものである。コリメータの穴を通して LYSO に直接入射したイベントのみを取り出すことで、バックグラウンドと真のシグナルを区別することができる。これら信号の弁別にはゲート幅の違う 2 種類の電荷積分型

ADCを使用した。すなわち、蛍光時定数の短い LYSO の信号は長短双方のゲート幅で電荷を 100%計測できるが、蛍光時定数の長い BGO の信号は短いゲート幅では電荷を 100%計測できない。この違いを利用して LYSO 信号だけを選択する(図 3.)。

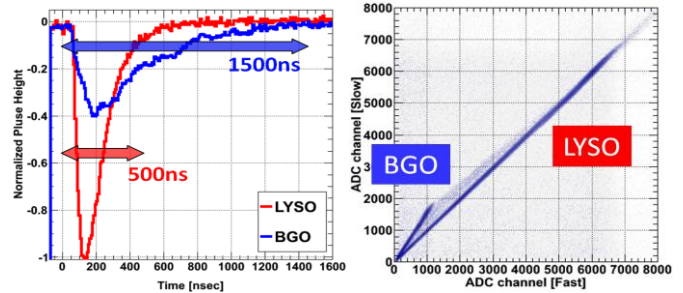


図 3. 出力波形(左)と波形弁別(右)

MPPC アレーの読み出しには抵抗分割を利用した。計 16 個のアンロードを梯子(ラダー)状に組み上げた抵抗分割回路につなぎ、出力を 4 信号に纏める。各 MPPC の出力はそれぞれ異なる抵抗値を通して出力されるため、4 信号の比をとることでガンマ線の入射位置を特定できる。図 4.に取得した ⁵⁷Co(122 keV)の二次元画像を示す。図 4.(左)は取得したイベント全てを使って構成した二次元画像、図 4.(右)は LYSO に直接入射したイベントのみで構成した二次元画像である。図 4.に示した通り、フォスウィッチカウンタによる波形弁別を行い、バックグラウンドの低い二次元画像を構成することができた。

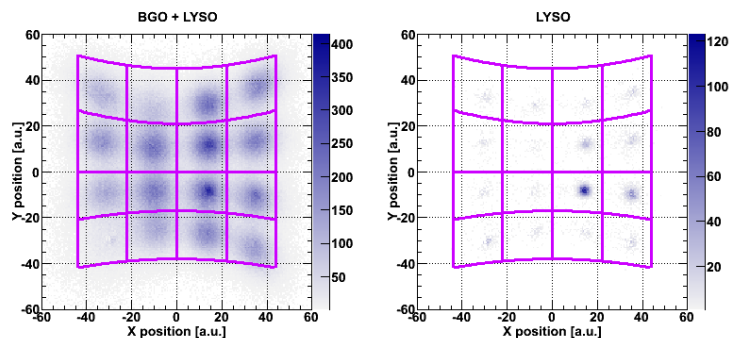


図 4. ⁵⁷Co の二次元画像 BGO/LYSO(左) LYSO(右)

【今後の展望】

本研究では、新しいコンセプトに基づくフォスウィッチ型ガンマカメラを試作することにより、高解像度・低バックグラウンドの放射線「撮影」が技術的に可能であることを実証した。より厚いアクティブ・コリメータに超音波微細加工技術を発展すれば、さらなる高解像度も可能となる。超音波加工で 30mm 厚までのシンチレータ穴あけ技術は確立しており、福島原発で問題となった 600keV 程度のガンマ線を 3 倍程度高い解像度(視野角 2度)で撮影すること可能となる。また、主検出部に GAGG や GSO といった自発光のないシンチレータを用いることで、バックグラウンドのさらなる低減化が期待できる。

【研究業績】

- ・日本物理学会 2010 年秋季大会 (口頭発表)
- ・Miura et al., *JPSJ* **80** (2011) 094203
- ・国際検出器会議 PSD9 (英・Aberystwyth) 優秀ポスター賞受賞