

放射線空間線量率の可視化に向けた小型・低コストのガンマ線検出器の開発 (研究推進のための特別採択)

筑波技術大学 産業技術学部 産業情報学科

稲葉 基

キーワード: 放射線検出器, 空間線量率分布, CsI(Tl), シリコン PIN フォトダイオード, アナログ・デジタル混在電子回路

平成 23 年 3 月の東日本大震災における東京電力福島第一原子力発電所からの放射性物質の放出・拡散により、福島県を中心とする広い範囲で土壌や水が汚染された。その汚染分布は一様ではなく、さらに風雨等によって変化し続けており、放射線空間線量率が高い所を容易に見つけることができる装置が必要とされている。

本研究は、放射線空間線量率の可視化に向けた小型・低コストのガンマ線検出器の開発を目的として、平成 25 年度の筑波技術大学教育研究等高度化推進事業(A 競争的教育研究プロジェクト事業, 産業技術に関する研究)に申請し、研究推進のための特別採択として研究費の一部が支給され、放射線検出器と電子回路のそれぞれコアとなる部分に特化して設計・製作を進めたものである。

放射線検出器は、ヨウ化セシウムに微量のタリウムを添加した $10 \times 10 \times 10\text{mm}^3$ の CsI(Tl) 固体シンチレータをオプティカルセメントでシリコン PIN フォトダイオード(PD)の $10 \times 10\text{mm}^2$ の光電面に接着している。放射線空間線量率を調べるだけであれば、検出器が1個あれば良いが、分布を調べて可視化するためには、検出器がたくさん必要となる。しかし、固体シンチレータと PD はともに高価であり、本研究では検出器の相対位置を機械的に変化させることによって、小型・低コストの検出器の実現を目指した。研究費全体のうち、固体シンチレータと PD の購入費用はそれぞれ 22%と 38%となった。159mm 離して設置した1組の検出器で、 3.6° の角度の範囲を調べることができ、回転角度分解能 1.8° のステッピングモータを2つ併用することによって、上下左右の全方向に対応させた。

電子回路は、前段信号処理回路とデジタル化およびデジタル信号処理回路の2つを開発した。前段信号処理回路では、各 PD からの電気信号を電荷感应型増幅器で前段増幅し、さらに3段式の波形整形と主増幅をおこな

っている。また、直流 5V から直流 90V を発生させ、各 PD に供給することで、PD の光-電気変換効率を上げている。

図1は、デジタル化およびデジタル信号処理回路の外観である。毎秒 10^8 回のデジタル化が可能な 10 ビットアナログ-デジタル変換 IC や高速・大規模 FPGA (プログラム可能な論理デバイス) 等を搭載し、PD からの各信号の最大波高値を自動抽出して、エネルギースペクトル分布を作成し、そのデータを信号チャンネル番号 (放射線のトラッキング情報) とともに USB 2.0 インターフェイス経由でパソコンへ送信している。電子回路の特性シミュレーションおよびプリント基板の設計・製作は、本学の電子 CAD / 多層プリント基板開発設備を活用した。

本研究で開発した放射線検出器および電子回路は、4.2~26V の範囲の単一直流電圧源もしくは乾電池3本で動かすことができ、LED 光源ならびに宇宙線テストベンチを用いて設計通りの動作を確認することができた。今後は、放射線源や放射線空間線量率が高いところで評価を進め、研究成果を日本物理学会年次大会等で発表する予定である。

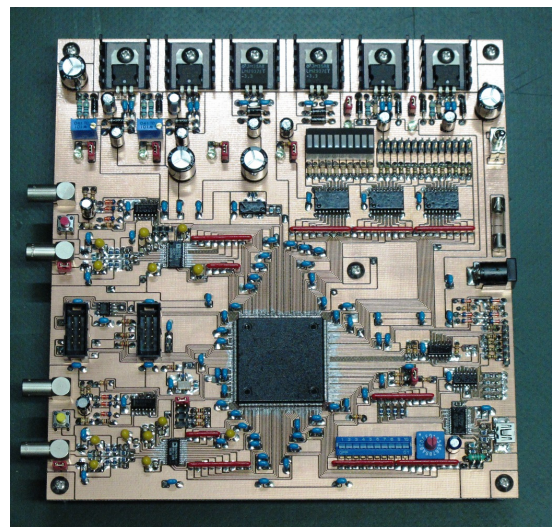


図1 開発したデジタル化およびデジタル信号処理回路の外観