

立教大学学術推進特別重点資金(立教SFR)

個人研究

2015年度研究成果報告書

研究代表者	所属部局・職	氏名
	理学部・助教	榎園 昭智 印
研究課題	バックグラウンドを識別・除去可能な中性子線検出器の開発	
研究期間	2015年度	
研究経費 (1円単位)	(支出金額) 999,754円 / (採択金額) 1,000,000円	

研究の概要(200~300字で記入、図・グラフは使用しないこと)

中性子過剰の不安定な放射性同位体元素(RI)においては中性子ハロー、中性子スキンといった安定な原子核には無い特異な核構造をしていることが近年の研究において明らかになってきた。これらの現象を記述できる新たな原子核モデルを確立することが原子核物理学における究極の目標の1つであり、本大学は理化学研究所及び東北大学の研究者と共同でRIの内部構造の精密測定を可能にするSCRIT実験装置を開発した。

本研究の最終目標は、SCRIT実験において電子不安定核散乱における非弾性散乱の物理を研究するための中性子トリガー検出器を開発することである。SCRIT実験環境下は非常にガンマ線バックグラウンドが多く、且つ設置スペースも限られているために従来の中性子検出器が使えない。そこで本SFRではパルス波形分別型(PSD)シンチレーターを用いることでガンマ線を分別・除去可能な中性子検出器を開発することを目標とする。本研究はプロトタイプ検出器を作成し、テスト線源を用いて粒子識別能力、シグナル/バックグラウンド比、検出効率を見積もることである。

キーワード(研究内容をよく表しているものを3項目以内で記入)

[中性子検出器] [パルス波形分別型シンチレーター] []

研究成果の概要 (図・グラフ等は使用しないこと。)

本 SFR ではガンマ線・中性子識別可能な波形分別型 (PSD) シンチレータとして、Eljen Technology 社の EJ-299-33A を選択、直径・高さ 3 インチ (21 万円) と直径・高さ 2 インチ (12 万円) の 2 つを購入した。光電子増倍管は既存の物を使用してチェックソース (コバルト 60) からのガンマ線のパルス波形をオシロスコープで確認した。結果、パルス波形はピーク値まで約 70~80nsec、テール部分を含めた全体の長さは 400~500nsec ということが分かった。この値は従来のプラスチックシンチレータと比べて比較的長い値ではあるが、当初購入予定であった特殊電子株式会社の 18bit 精密 AD 変換ボード (サンプリングレート 2MHz、価格 15 万) ではサンプリングの時間幅 (500nsec) が全パルス幅より長くなってしまふということが分かった。本研究ではガンマ線と中性子の区別をパルス波形の全体の積分値に対するテール部分の積分値の比率に基づいて行うため、サンプリングの時間幅がパルス幅よりも十分に短くないと、中性子とガンマ線の区別の精度が悪くなる。得られたパルス波形から計算・検討をした結果、100MHz (10nsec) 程度のサンプリングレートがあれば十分な波形分解能が得られると結論づけ、購入する読み出し回路を同社の汎用高速デジタイザ回路 cosmoz105 (サンプリングレート 100MHz、価格 43 万円) に変更した。このモジュールを使用した際は読み出しチャンネル数が 8ch と多くなるが ADC サンプリングビット数が 18bit から 10bit へと低くなってしまふ。ただしパルス幅に対するサンプリング時間幅の精度 (1/50) と比較して、パルス高に対するサンプリングビット精度としては十分に良いために問題にはならない。

本研究の最終目標は Cosmoz105 だけを用いてパルス波形のデジタル化、波形分別計算、及び読み出しを行うことで検出器の小型化を図る予定であるが、これを行うための FPGA ファームウェアのプログラミングにはかなりの時間を要することが判明した。そこで今回の実験は Cosmoz105 を既存の VME 系データ読み出し回路 (CAEN v2718, v1190B, v1724) で構成してテスト実験を行うことにした。ガンマ線・中性子線源はチェックソース (カルホニウム 252) を用い、パソコン上に記録したデータをオフラインで解析しパルス波形分析アルゴリズムを構築することで性能評価を行った。パルス波形の全体積分に対するテール部分積分の比率 R を求めたところ、ガンマ線の R の平均値が 0.354、 σ が 0.053、それに対して中性子での R の平均値が 0.468、 σ が 0.104 となった。ガンマ線・中性子識別の為の R が 1σ 程度しか離れておらず、SCRIT 実験において電子・不安定核散乱の非弾性散乱から放出される中性子の数と比較してバックグラウンドが大きな実験環境下では、良い S/N 比を出そうとすると中性子の検出効率が非常に悪くなってしまふ。

現在はこの困難を克服するために、オフライン解析において中性子・ガンマ線波形の分別するためのアルゴリズムの最適化を行っている。また本実験の読み出し回路アルゴリズムを FPGA ファームウェアで再現するプログラミングを行う。またこれらの研究結果は次回の日本物理学会で報告予定である。

研究成果の概要 (つづき)

※ この(様式 2)に記入の、成果の公表を見合わせる必要がある場合は、その理由及び差し控え期間等を記入した調書(A 4 縦型横書き 1 枚・自由様式)を添付すること。

研究発表 (研究によって得られた研究経過・成果を発表した①～④について、該当するものを記入してください。該当するものが多い場合は主要なものを抜粋してください。)

- ①雑誌論文 (著者名、論文標題、雑誌名、巻号、発行年、ページ)
- ②図書 (著者名、出版社、書名、発行年、総ページ数)
- ③シンポジウム・公開講演会等の開催 (会名、開催日、開催場所)
- ④その他 (学会発表、研究報告書の印刷等)

該当なし