

高アスペクト比シンチレータ信号読み出しにおける 光検出器配置の最適化

Optimization on photodetector geometry for signal readout from high aspect ratio scintillation detector

名大工¹ ○菅野 裕章¹, 高橋 時音¹, 河原林 順¹, 富田 英生¹, 井口 哲夫¹
Nagoya Univ.¹, ○Hiroaki Sugano¹, Tone Tkahashi¹, Jun Kawarabayashi¹, Hideki Tomita¹,
Tetsuo Iguchi¹

E-mail: sugano.hiroaki@j.mbox.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

放射線管理区域における物品持ち出しの際の表面汚染検査においては、対象物表面の極低レベル放射能の有無を測定する必要があるが、対象の機器に狭隘な部分があると、既存のサーベイメータで検査するのは困難である。また、測定対象となる放射性核種を事前にある程度推定可能である場合、 γ 線スペクトロメトリを利用することでエネルギー弁別による検出感度の改善が見込まれる。さらに、位置情報を取得可能であれば検出感度をより改善することが期待できる。本研究の検出器では、高アスペクト比角柱状 Ce:Gd₃Al₂Ga₃O₁₂(Ce:GAGG)シンチレータロッドと小型かつ軽量といった特徴を有する光検出器 Multi-Pixel Photon Counter(MPPC)を採用し、検出器性能として最も重要な検出限界の向上を図るために GAGG シンチレータロッドに対する MPPC の幾何学的配置の最適化の検討を行った。

2. 検出原理

本検出器は、 γ 線のシンチレータへの入射によって発生する光子が光検出器へ伝搬する際、シンチレーション光が損失するため両端の検出器出力信号に差が生じる原理を応用し、エネルギー付与量と入射位置の情報を同時に取得できる。使用する GAGG シンチレータの屈折率が 1.93 であることを考慮すると、図 1 に示すように端面読み出しの場合は、シンチレータ側面での全反射成分を多く検出し、側面読み出しの場合は、シンチレータ側面での反射成分を多く検出することが予想される。したがって、端面読み出しでは、検出される光子数の差が少ないので、エネルギー分解能が良く、光子数の差が大きい側面読み出しでは、位置分解能の良くなることが期待できる。

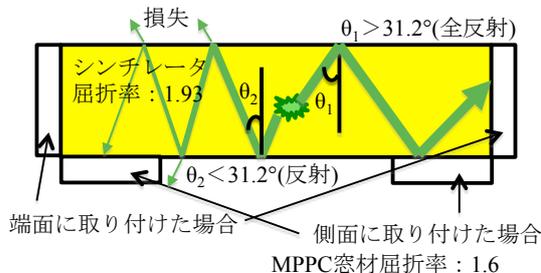
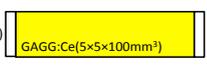
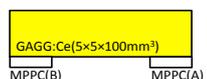
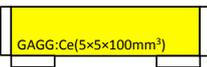
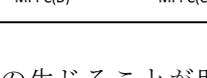


図 1 検出器概念図

3. 実験結果

GAGG シンチレータロッド(サイズ:5.0×5.0×100mm³)に対し、MPPC(浜松ホトニクス社製、S10985-025C、受光面:6×6mm²)の装着配置を端面と側面に変更し、エネルギー分解能と位置分解能の実験的評価を行った。¹³⁷Cs-662keV γ 線を鉛コリメータ(スリット:3mm、厚さ:30mm)によりコリメートし、シンチレータに照射した結果を、表 1 に示す。光検出器のシンチレータロッド端面/側面の配置に応じて、エネルギー分解能と位置分解能に顕著な差異の生じることが明らかとなった。

表 1 光検出器の配置変更時の各分解能(@662keV)

シンチレータと光検出器の幾何学的配置		エネルギー分解能	位置分解能 (FWHM)	
MPPC(B)		端面	10.7%	40mm
		側面	17.5%	12mm
MPPC(B)		端面	11.4%	49mm
		側面	22.1%	14mm

4. まとめと今後の課題

高アスペクト比シンチレータの光検出器による端面と側面読み出しでエネルギー分解能と位置分解能に顕著な差が生じ、両者を併用することで、相反するエネルギー分解能と位置分解能を同時に改善可能であることが実証された。現在、シンチレーション光の伝搬シミュレーションをもとに、光検出器の最適配置の探索と実験的検証を進めている。