

卒業論文概要書

CD

2010年 1月提出

学籍番号 1G06K124-1

所属学科	応用物理	氏名	吉野 将生	指導員	片岡 淳	印
研究 題目	純国産 PET 装置へ向けた紫外高感度 APD の開発					

1.はじめに

無機シンチレータは半導体に比べ大型のものが制作可能で、加工が容易、かつ安価で作ることができる。また原子番号が大きいため高い阻止能を有すること等から、 γ 線の測定において多くの長所を持つ。近年、海外では LaBr や LaCl といった蛍光時定数が短く ($\tau=30$ ナノ秒)、半導体に迫る高いエネルギー分解能を実現するシンチレータが登場したが、これらは潮解性をもち取り扱いが難しく、高価であることなど多くの問題点がある。Pr:LuAG(Pr 添加 LuAG: 以下 LuAG)は、東北大学多元物質科学研究所の福田承生教授、吉川彰准教授等が開発した「純国産」のシンチレータで、蛍光時定数 $\tau=20$ ナノ秒と短く発光量も BGO の 3 倍程度と大きい。さらに潮解性が無くエネルギー分解能にも優れているため、次世代 γ 線シンチレータとして多くの注目を集めている。

PET(Positron Emission Tomography: 陽電子断層撮影)は、ブドウ糖を過剰に取り込む組織の体内分布を画像化する断層撮影技術であり、とくにガンの早期発見に有効である。ブドウ糖の一部を放射性同位体に置き換えた薬剤を患者に投与し、放射性核種が β +崩壊を起こした際に放射する陽電子と電子の消滅 γ 線を検出することにより、その到来方向からガンの機能画像を得ることができる。臨床実績にもとづく PET の有用性は疑いないが、X 線 CT と合わせた場合の二重被曝の問題や解像度の限界から、次世代化した MRI-PET、TOF-PET の開発がすすめられている。従来の PET には PMT(光電子増倍管)と BGO シンチレータ(図 1 左)と組み合わせた検出器が用いられてきたが、PMT は MRI の強力な磁場中では動作せず、また時間分解能も劣る。

当研究室では磁場に耐性を持つ APD(アバランシェ・フォトダイオード)と LuAG を組み合わせた「純国産」の PET 装置を新たに提案する。この装置の実現に向けた最大の困難は LuAG の蛍光波長が 310nm であるのに対し、このような紫外に感度のある APD はこれまで存在しなかったことである。本論文では紫外高感度化の鍵が APD 素子の窓材にあると考え、従来のエポキシ樹脂からシリコン系樹脂に交換し、また受光面を適正化することでわずか僅か 5%であった量子効率を 55%まで高めることに成功した(図 1 右)。さらに、改良された LuAG の性能評価及び、紫外高感度 8×8APD アレーと改良版 LuAG を組み合わせたユニットの性能評価を行った。

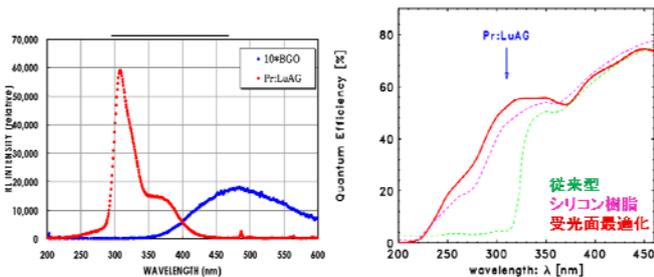


図 1 左: BGO シンチレータと LuAG シンチレータの発光波長の比較。図 1 右: 通常タイプの APD と紫外高感度 APD の量子効率の比較。

2.結果

○改良版 LuAG シンチレータの性能評価

従来品 LuAG とアニール(熱処理)を施した改良版 LuAG(各 10mm 角)をスーパーバイアルカリ PMT(浜松ホトニクス社製 R3998-100-02)と組み合わせ、137Cs 照射の γ 線スペクトルを測定した。比較のため、同サイズ、同条件の BGO 結晶を用いた測定も行った。662keV 光電ピークに対し、BGO のエネルギー分解能は 8.83%、従来品 LuAG のエネルギー分解能は 4.92%、改良版 LuAG のエネルギー分解能は 4.58%が得られた。この値は現在 LuAG 結晶を用いて得られた最高記録の分解能である(これまでは 4.8% @ 662keV)。光電ピークの波高チャンネルは、BGO で 202ch、従来品 LuAG で 567ch、改良版 LuAG で 658ch であり、BGO 比の発光量は、従来品と改良版で 2.81:3.26 となった(図 2)。

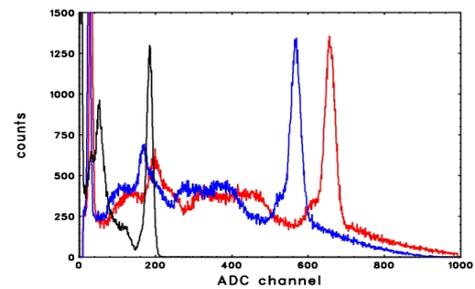


図 2: 137Cs の照射スペクトル。シンチレータはそれぞれ、黒-BGO、青-従来品 LuAG、赤-改良版 LuAG。

○紫外高感度 APD アレー+LuAG の性能評価

最初に従来型 8×8APD アレーと従来品 LuAG を組み合わせ、各チャンネルでの γ 線スペクトル(662keV)を測定した。エネルギー分解能は、 $15.4 \pm 2.6\%$ 、分散は $\pm 17.1\%$ であった(図 3 左)。光電ピークの ADC チャンネル値は 439 ± 156 ch、分散は 17.8%が得られた。次に、紫外高感度 8×8APD アレーと改良版 LuAG を組み合わせ同条件で測定をした。エネルギー分解能は、 $7.04 \pm 1.01\%$ と大幅に改善され、分散は $\pm 14\%$ (図 3 右)が得られた。光電ピークの ADC チャンネル値は 516 ± 45 ch、分散は 8.8%であった。

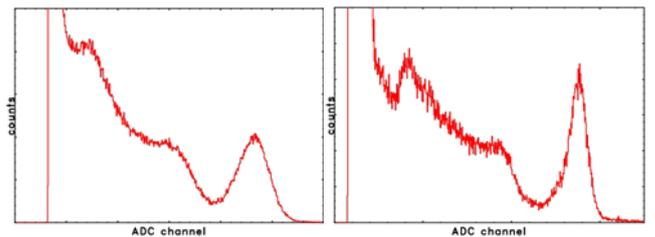


図 3 左: 従来型 8×8APD+LuAG アレーの 137Cs 照射スペクトル。図 3 右: 紫外高感度 8×8APD+LuAG アレーの 137Cs 照射スペクトル。

3.まとめ

新規開発の LuAG 結晶と紫外高感度 APD との有用性を合わせて示すことができた。「純国産」APD-PET 装置の実現に向け、本研究は大きな前進を与えた。