

演題番号. Study and Development of a PET detector with position resolution of 0.1 mm using Wavelength Shifting Fibers

Hiroshi Ito, Soorim Han, Atsushi Kobayashi, Naomi Kaneko and Hideyuki Kawai
Graduate School of Science, Chiba University, Chiba, Japan

1. 導入

陽電子放出核断層法(PET)は β^+ 崩壊する核種から放出された陽電子が対消滅し、その後生成された2本のガンマ線を検出することで、患者体内の消滅位置分布を3次元画像化する技術である。薬剤に ^{18}F を含ませたグルコース(FDG)は腫瘍検査に有効であることが知られている。

PETの3次元解像度向上は我々の永遠のテーマで(商業用PET装置の分解能が約3 mm)、シンチレータ結晶の発光特性や光検出器の性能、アセンブリの設計など、様々なアプローチで研究されている¹⁾。1 mm以下の分解能を持つPET検査は生理学的に重要な役割を担い、脳腫瘍検査や脳科学、新薬開発、転移がんの早期発見などに貢献するだろう。

高位置分解能PET装置開発のひとつのアイデアは、薄いシンチレータ結晶の両平面に波長変換ファイバー(WLSF)を互いに垂直になるように貼り付けて、それぞれを光検出器によって読み出す。結晶と空気の境界における全反射条件を満たす場合、側面まで伝播するが、条件を満たさない場合、結晶内の相互作用した位置情報を持って結晶の外へ放射される。したがって、ファイバーのサイズと結晶の厚さは、ガンマ線が相互作用した位置の分解能に大きく影響する。波長変換の再吸収による効率が数%程度なため、このシステムのためにはシンチレータ結晶の十分な発光量と、結晶の発光スペクトラムに一致したWLSFの吸収スペクトラムが必要条件である^{1, 2, 3)}。

2. 先行研究

シンチレータ結晶: GAGG結晶(株式会社C&A)とWLSF: R-3(300)MJ (株式会社クラレ)を用いて実証実験した結果、位置読み出しのために十分な発光量が確認された。位置分解能測定では、直径0.2 mmのWLSFを2本ずつまとめた25ストリップとサイズ10×10×2 mmのGAGG結晶、光読み出しにMPPCを接続した実証器に ^{22}Na からの511 keVガンマ線を直径2 mmの鉛コリメートを設置して2 mmステップで照射した。入射位置と再構成位置の差から位置分解能を評価した結果FWHM 0.65 mm (1次元)が得られた⁴⁾。

3. 研究方法

直径0.2 mmの波長変換ファイバー(WLSF)を使用しているので、幾何学的に0.2 mmの相互作用位置分解能が得られるはずである。さらに、再構成において重心演算法を用いることで、0.1 mm以下の分解能が得られると考えた。本研究ではWLSFを1本ずつMPPCで読み出すことで、0.1 mmの分解能を得ることを実証する(Fig.1)。

MPPCはEASIROCチップを搭載した読み出し回路に接続され、最大64chの電圧供給とADCを読み出される。

4. 結果・考察

現在もデータ取得は継続されている。位置分解能はFWHM 0.65 mm (1次元)は達成しているが統計量が不十分で、統計量の改善で分解能は向上するだろう。

このシステムの下層にプラスチックシンチレータを用いたガンマ線検出器を導入したPET装置の設計を提案する。これは1層目で精密な位置測定、2層目で時間差を正確に測定する。主にコンプトン相互作用した位置を検出する。最近の報告ではプラスチックシンチレータを用いたPET装置は時間分解能測定125 ps (σ)を達成しているが、位置分解能13 mmである⁵⁾。従来のPET装置開発は位置分解能と時間分解能のジレンマを持っている。本研究では、空間分解能と時間分解能、どちらも良い分解能を兼ね備えたTOF-PETを開発することができる。

5. 結論

薄いシンチレータ結晶板と波長変換ファイバーを用いたガンマ線検出器は ^{22}Na を用いた位置分解能測定によって0.65 mmの位置分解能を達成している。現在もデータ収集段階で統計量を上げ精密に評価している。本研究はさらにプラスチックシンチレータの層を導入することで、位置分解能と時間分解能のジレンマを解消できることを示す。

謝辞

C&A株式会社 鎌田圭 代表取締役からGAGG結晶サンプルを提供していただきました。

参考文献

- 1) William W. Moses, Nucl. Instr. and Meth. A 471 (2001) 209 – 214.
- 2) A. J. Soares et al., in: Conference Record, NSS MIC (1999) IEEE.
- 3) H. Ito, et al., in: Conference Record IEEE NSS MIC (2014) M11-16.
- 4) H. Ito, et al., 第109回日本医学物理学学会学術大会 (2015) O-003. N. Kaneko, et al., in: Conference Record ANIMMA (2015) 220.
- 5) P. Moskal, et al., Nucl. Instr. and Meth. A 775 (2015) 54 - 62.

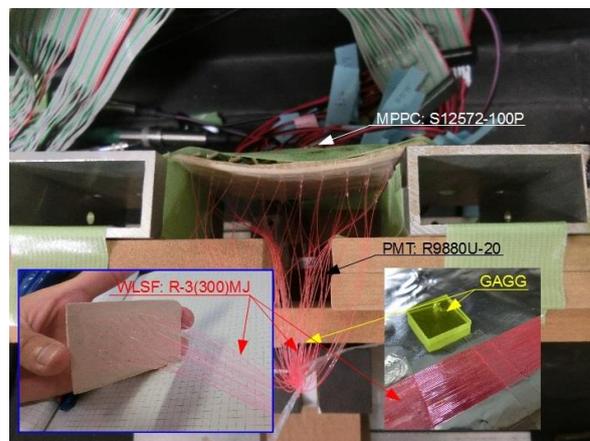


Fig. 1 Setup: The sheet made from wavelength shifting fibers (WLSF) is connected to a face of GAGG crystal. Each the fiber is read out by a MPPC individually and the interaction position is reconstructed. The opposite face is connected to PMT. GAGG has a dimension of 10×10×2 mm³, the optical amount of 50,000 ph/MeV, emitting peak wavelength of 520 nm, no deliquescent and non-radiative. WLSF (R-3) has size of 0.2 mm diameter, the optical absorption peak spectrum of 550 nm and emitting peak spectrum of 600 nm. The MPPC is enable for this wavelength region. When 2 photons from ^{22}Na is detected by PMTs simultaneously, the event is stored.