飛行時間型 PET への応用に向けた SOI-SiPM の開発

Development of SOI-SiPM for application to Time-of-Flight PET

東大工 [1]，高エネルギー加速器研究機構 [2]　○金 正勲 [1]，島添 健次 [1]，高橋 浩之 [1]，
岸本 俊二 [2]，倉知 郁生 [2]，中村 勇 [2]，三好 敏喜 [2]，新井 康夫 [2]
Univ. of Tokyo [1], KEK [2], °Cheonghun Kim[1], Kenji Shimazoe[1], Hiroyuki Takahashi[1],
Shunji Kishimoto[2], Ikuo Kurachi[2], Isamu Nakamura[2], Toshinobu Miyoshi[2], Yasuo Arai[2]
E-mail: chnghnkm@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

1. 背景及び研究目的

陽電子と電子の対消滅によって対向方向に放出される 2 本のガンマ線の検出時間差を 10 ピコ秒の精度で計測することで、単一イベントだけで光の速度から1.5mm の位置分解能で対消滅位置の特定が可能な飛行時間型(Time-of-Flight)の Positron Emission Tomography (TOF-PET) 装置の実現が期待されている[1]。近年、チャネル別読み出し・最適化による時間分解能の向上や微細化・多チャンネル化に伴う信号処理回路の複雑化の解消を背景とし、TOF-PET 検出器の構成要素である光検出器と信号処理回路の同一チップ上への集積が注目されている[2]。本研究では高時間分解能を有する回路一体型ピクセル光検出器の開発を目的とし、アバランシェ増倍特性を持つ光検出器 Silicon Photomultiplier (SiPM)を回路の三次元集積が可能な Silicon-on-Insulator (SOI) プロセスで設計試作し、基礎性能評価を行った。

2. 方法

SOI とはシリコン基板の内部に酸化膜(絶縁体)の層を作り、その上に非常に薄いシリコン膜を形成する技術である。二層のシリコンが酸化膜で分離されているため、SiPM を支持基板層に、信号処理回路を SOI 層に別々に作成し、同一チップに集積することを可能とする(図1)。今回は SiPM の特性評価に焦点をあて、電極の大きさやクエンチ抵抗値の異なる TEG (Test Element Group)を含むチップの試作を行った。

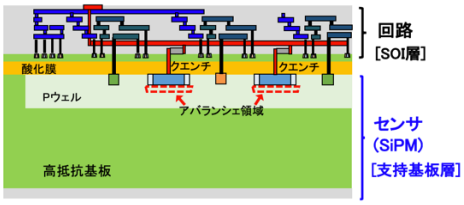

図 1：SOI 基板を用いた 3 次元積層

3. 結果

SOI-SiPM が 1×10^5 以上の内部増幅率と 8%程度の光子検出効率を有していることを確認した。また、取得したパルス波高値のヒストグラムから1光子単位での優れた光子数識別能力があることも確認され(図2)、飽和信号において 23.45 ps の時間分解能(FWHM 値)が得られた。

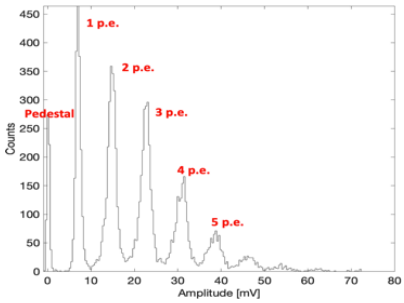

図 2：パルス波高ヒストグラム(フォトンスペクトル)

4. 結論

本研究は TOF-PET へ応用可能な回路一体型光検出器として、SiPM を SOI プロセスで試作し、検出器の基礎性能評価を行ったものである。10 ピコ秒に迫る高時間分解能を確認しており、TOF-PET 用の光検出器として有用であると考える。

参考文献

[1] P. Lecoq, et al., IEEE Trans. Radiat. Plasma Med. Sci., VOL. 1, No. 6, 2017, 473-485
[2] Y. Haemisch, et al., Phys. Procedia, VOL. 37, 2012, 1546-1560

© 2020年 応用物理学会