

審査の結果の要旨

氏名 リポベック アリーナ

陽電子放射断層撮像法 (PET) および単一光子断層撮像法 (SPECT) はいずれもガンマ線を用いて体内の放射性薬剤の分布を計測することで、極めて高い感度で生体機能を分析する CT 技術である。本論文は、このガンマ線を用いた CT 技術を高分解能化するための新しいガンマ線検出器を実現することを目的としたものである。第 1 章は序論であり、陽電子放射断層撮像法 (PET) ならびに単一光子断層撮像法 (SPECT) の現状とガンマ線検出器への要求について述べている。検出効率を高く保ちながらサブミリメートルオーダーの分解能を実現するには、原子番号と密度が高い材料を細長い構造に多数配列したピクセルを構成しなくてはならない。従来は、シンチレータと比較的サイズの大きな光検出器の間にライトガイドを挿入して、間接的に結合させる信号読み出し方式であるアンダーカメラ方式が用いられていたが、これでは解像度に制約がある。第 2 章では本研究の目的を述べている。高分解能のガンマ線検出器の実現に向けて、最近進展のめざましいシリコン半導体を用いた SiPM に注目し、シンチレータ結晶と光検出器のピクセルを直接結合させる手法を採用し、検出器システム全体の高分解能化と高速化を同時に達成することを目的としている。第 3 章は比較的高いエネルギーのガンマ線を高い効率で計測することが求められる PET の基礎原理についてまとめており、ガンマ線検出器の重要性について示すとともに、実際に PET システムの評価に用いるファントムの概要まで述べている。第 4 章は、ガンマ線検出器の構成に関する一般論を展開しており、特に本研究で重要となるシンチレーション検出器について詳しく述べるとともに、専用集積回路についても述べている。第 5 章はガンマ線検出器の特性をシミュレーション計算した結果について述べたものである。新規半導体光検出器の応答特性を考慮した性能評価を行うために、ガンマ線検出器のモデル化に取り組み、モンテカルロ計算コード GEANT4 と 5SPICE コードを用いた検出器評価手法の構築を行っている。第 6 章は、従来のアンダーカメラ型のガンマ線検出器を実際に構築した結果について述べている。高分解能ガンマ線検出器の測定結果とシミュレーション結果を比較し、応答をよく再現することができたが、達成する分解能に制約があることが述べられている。第 7 章は、直接シンチレータと光検出器ピクセルを結合させた場合について高い性能が得られることを示した。実

際に、1.6mm 角ピクセルからなる SiPM 検出器を用いた直接結合方式の PET を構築し、0.86mm(FWHM)のサブミリ分解能を得ることに成功している。また、さらなる高分解能を実現するために両面からの読み出し法について提案している。第 8 章は本研究で得られた結果をもとに、PET システムの構成について議論している。第 9 章は結論であり、本研究の全体を総括し、直接シンチレータと SiPM 検出器を結合させることにより、高分解能のガンマ線検出器を開発し、サブミリ分解能の PET を実現できたことがまとめられている。

質疑では、両面読み出し方式の妥当性、PET を大口径化した際の問題、分解能の制限要因、ファントム実験結果における濃度との比例性、検出器の安定性、拡張性、また分解能決定要因、等についての質問がなされ、論文の新規性・有用性・学術的価値・達成度に関する確認がなされた。

以上のように、本研究はシリコン半導体光検出器を活用した新規ガンマ線検出器の開発に取り組み、高分解能ガンマ線イメージングへの道をひらいたものであり、原子力工学の発展に寄与するところが小さくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。