

## 審査の結果の要旨

氏名 小山 晃広

従来のX線CTにおいては、X線の個々の光子のもつ情報は無視され、検出器内に生じた電流の総和として積算されていたが、本論文はX線の個々の光子を区別して計数することにより、低線量のCTを実現することの可能なフォトンカウンティングCTを目指して、その中核となる、サブミリメートルサイズの光検出器の開発を行ったものである。第1章は序論であり、本論文の背景となるフォトンカウンティング実現のための課題と半導体技術の進展について述べた後、シリコン半導体を用いた高分解能検出器で実現可能と考えられる性能について述べ、研究目的として高速・高分解能 SiPM(シリコンフォトマルチプライア)検出器の開発を行うと述べている。第2章は、フォトンカウンティングCTを実現するものとして、SiPM 検出器を用いたX線イメージングについて述べている。フォトンカウンティングCTは、エネルギー情報を活用して、組織や特定のトレーサの位置情報が得られるものであるが、従来主に開発されてきた直接変換型検出器に対して、間接変換型検出器の有用性が述べられ、それを実現するものとして SiPM の基本原理と回路構成について示されている。第3章は信号読み出しのための集積回路と組み合わせる、新しい SiPM の電極構造を TCAD シミュレータを用いて設計し解析を行った内容について示されている。第4章は、実際に製作した SiPM についての実験による評価を行った結果が記述されている。ここでは、まず、第3章において集積回路とともに用いるように設計した SiPM として、SOI(Silicon On Insulator)プロセスを用いて製作を行った 250um ピッチの SiPM アレイチップについて、アバランシェ電流によるホットエレクトロン発光の分布を観察し、単一のピクセルが動作していることを確認するとともに、信号読み出し時の分布を求めている。その後、素子の基本特性として、容量-電流特性、降伏電圧、電流電圧特性の温度による変化、ダークカウント特性を計測した結果について示され、光子検出効率(PDE)がおおよそ 0.24%と予想よりも低い値にとどまったことが述べられ、その原因として波長感度特性の測定の結果、受光が検出器の深い部分で行われたときに、効率が大幅に低下していることが原因であるとしている。次に、標準プロセス

を用いた SiPM である、KETEK 社のプロセスを用いて、500um ピッチのモノリシック型 SiPM アレイを製作し、その特性を評価した結果について示されは、PDE は 30-40% と十分高い値が得られているとしている。また、実際に GAGG シンチレータと組み合わせて 511keV のガンマ線のスペクトルが得られたことが示された。その後、TCAD を用いて再度設計計算を実施して、改良を加えた結果、ガードリングのサイズを小さくして、電場分布を集中させることにより、高い検出効率が実現でき、実際に試作したデバイスにおいては、改良前に比較して 20 倍程度の高い PDE が得られたことを示している。第 5 章は SOI プロセスで製作した SiPM に対して、読み出し回路を付加することを試みており、実際にチップの試作に成功し、時間応答などの特性を測定した結果、十分フォトンカウンティング CT に用いることのできる応答特性を有していることが示された。第 6 章は本論文の結論であり、間接変換型の検出器を用いたフォトンカウンティング CT を実現するために、新たに SiPM の開発を行い、250um ピッチで 3Mcps/mm<sup>2</sup> の高い性能をもつ SiPM が製作されたことを述べている。更に回路を集積することにより、より高い性能のフォトンカウンティング CT が実現されることが示されており、SOI プロセスを用いて新たな SiPM の領域が拓かれたことを述べている。

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。