

## 審査の結果の要旨

氏 名 連 玄

本論文は、ガラス基板に形成した電極により、局所的に高強度の電場を生成させて、比例計数管として動作させるマイクロパターンガス検出器についての研究を行ったものである。第一章は序論であり、マンモグラフィなどの医療用 X 線診断について概観した後、マイクロパターンガス検出器の有用性について議論を行っている。マイクロストリップガス検出器(MSGC)は、ガラス基板上に微細加工技術により、アノード、カソードストリップを形成し、これに高電圧を印加することで、ガラス基板の全面を比例計数管として動作させ、画像計測を可能とするものである。本検出器は、液晶パネル製造技術と親和性が高く、同技術を適用することで、大面積の画像検出器が実現できると考えられ、大面積化の容易である気体検出器の利点を生かしたデジタルマンモグラフィへの適用を目指していることが述べられている。第二章は、気体検出器の一般的な性質についてまとめるとともに、 $\text{CF}_4$  ガス中での電子雪崩増幅を行う際に可視領域の発光が生じることが示されており、代表的なマイクロパターンガス検出器である MSGC、GEM(Gas Electron Multiplier)などの特性についてまとめている。

第三章は、先に述べた  $\text{CF}_4$  ガス中での可視領域の発光を用いた信号読み出しを実現するために、液晶パネル製造技術を用い、ガラス基板上に透明電極を形成する新型の MSGC の設計を行っている。実際に液晶パネルに用いられている透明電極 IZO を初めて MSGC に適用し、 $8\ \mu\text{m}$  幅のアノードストリップ、 $62\ \mu\text{m}$  幅のカソードストリップを  $150\ \mu\text{m}$  ピッチでガラス基板上に形成し、数百ボルト程度の高電圧を印加させることで、比例計数管として動作することを示した。さらに、計数ガスに  $\text{Ar}/\text{CF}_4$  混合ガスを用いることで、可視領域の発光が電子雪崩増幅の際に生じることが示し、この発光をフォトダイオードならびに SiPM で検知することで、個々の X 線光子に対応したパルスの計測に成功している。

第四章においては、さらに、液晶パネル製造技術に用いられている多層の微細加工技術を活用する方策として、アノードとカソードを異なる層に形成し、それらに同時に生じる信号パルスを用いて X 線の入射位置を計測する検出器の

設計・試作を行った結果についてまとめており、実際にアノードとカソードから得られる信号の同時計測により、計測原理の実証に成功している。

第五章においては、MSGCの比例計数管としての増幅度には制約があることに鑑み、新たに開発した微細加工の可能なガラスであるPEG3CとMSGCの組み合わせを検討しており、2次元放射線位置検出器の設計・試作を行った結果について示している。

フォトンカウンティング方式のラジオグラフィを目指す上では、より高い増幅度をもつことが望ましい。このため、ガラス基板に多数の細孔をフォトリソグラフィにより形成して、これを比例計数管として用いるGlass GEM(Gas Electron Multiplier)の適用について、基礎的な検討を行っている。まず、Glass GEMの基礎的な性能を測定したのちに、ガラス基板とGlass GEMの間の距離を1.2mmと短距離にして、その間に高電圧を与えることで、平行平板型の比例計数管を実現し、Glass GEMと平行平板型比例計数管が直列に接続された形で増幅度に寄与するために、原理的に非常に高い増幅度を得ることが可能であることを示した。

第六章は結論であり、本研究の全体を総括し、デジタルマンモグラフィの実現に向けて、ガラス基板を用いたMPGDの研究を展開した結果、液晶製造技術を用いて製作したMSGCがその実現に相応しい検出器であると結論された。

質疑においては、光信号読み出し時のロスの影響について、光信号読み出しと電気信号読み出しの得失、あるいは異なるアプローチを組み合わせたときのメリット、ガス増幅特性と印加電圧の関係、GEM等と比較した際の得失、最大ゲインの決め方、液晶技術を適用した場合の製造費用、検出器と信号回路の結合の問題、IZOの特性に注目した理由について、など、幅広い視点から論文の新規性・有用性・学術的価値・達成度に関する確認が行われた。

以上のように、本研究はガラス基板を用いた新規気体放射線検出器の開発に取り組み、放射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。