

氏 名	さ とう とし ゆき 佐 藤 敏 幸
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 124 号
学位授与の日付	平 成 8 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科・専 攻	工芸科学研究科情報・生産科学専攻
学 位 論 文 題 目	多チャンネル CdTe 放射線検出器の研究
審 査 委 員	(主査) 教 授 金 森 仁 志 教 授 更 家 淳 司 教 授 山 田 正 良

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、医学診断用デジタル画像を取得するための多チャンネル CdTe 半導体放射線検出器の研究を、検出器の作製と評価、実際の臨床撮影の結果を併せてまとめたものである。本研究では、まず、従来より詳しく論じられることのなかった、高 X 線量領域での CdTe 検出器の計数特性を調べ、検出器で生じるポーラリゼーションと結晶の不均一性および、結晶にドーブする不純物との関連を検討した。その結果、医学診断用の検出器として塩素ドーブ基板が適当であるという結論を得た。次にこの結晶基板で光子計数方式の多チャンネル検出器を作製し、実際に臨床撮影を行い、従来の X 線フィルム像と比べ画質が優れていることを示した。また、検出器の多チャンネル化を応用し、放射光を使った高エネルギー X 線実験用の位置敏感型検出器を作製し、その特性を評価した。

本研究は、従来詳しく検討されなかった高い X 線線量での CdTe 検出器の特性を明らかにし、結晶物性と検出器特性の関連について新たな知見を得、これをもとにして実際に医学診断用 X 線撮像装置用の検出器および、高エネルギー X 線位置敏感型検出器を開発し、工学的にも医学的にも CdTe の検出器の有用性を示したものである。

本論文は、7 章からなっている。

第 1 章では本研究の背景をまとめ、本論文の目的と内容を述べた。

第 2 章では、結晶特性と X 線計数特性の関係を調べるために作製した、画素サイズ 500 μm 角の検出器アレイの構造および、作製方法をまとめた。検出器の動作を安定に行うためには、リーク電流の少ない電極を作製することが必要である。そのために、結晶の表面処理方法及び電極材料の検討を行い、共通電極として金を化学研磨面に形成して、特性上問題の無いものを得ることができた。

第 3 章は、検出器特性と X 線計数特性の関係を調べるため、多数の検出器アレイを In ドープ結晶基板で作製し、結晶インゴットからの基板の取得位置と計数特性の関係を詳細に評価した結果を示した。まず、X 線線量が大きくなると計数率が低下するポーラリゼーション現象を、計数特性の温度依存性、バイアス依存性の測定を行い、従来より知られているポーラリゼーション現象と比較検討し、次に結晶インゴットからの基板の取得位置を変え、多数の検出器を作製しその特性を調べた。その結果、結晶の不均一性とポーラリゼーション現象が関係し、マイクロフォトルミネッセンス法を用いたインジウム分布の測定結果から、インジウム量の大きい部位で、ポーラリゼーションが出現することがわかった。さらに、このポーラリゼーション現象のモデルを提示した。

第 4 章では、結晶中のドーパントを変え、検出器結晶基板とポーラリゼーション現象の関係を述べた。ここでは、検出器の計数特性が三種類のドーパント種、インジウム、ガリウム、塩素で異なっていること、

さらにこれらの検出器の電流・電圧特性もドーパントによって異なることを示した。これらの結果から、このポーラリゼーション現象が結晶内部電界と密接にかかわっていることを論じた。さらに、塩素ドーパ CdTe 結晶基板で作製した検出器ではポーラリゼーション現象が現れず、 10^6 counts/s 以上の高い計数率があり、医学診断用撮像装置の検出器材料として適当であることを示した。

第5章では、本研究で作製した多チャンネル検出器を医学診断用 X 線装置に搭載し、実際に胸部 X 線画像を撮影した結果を述べた。塩素ドーパ基板で画素ピッチ $500\mu\text{m}$ 、画素数 768×4 の多チャンネル検出器を作製し、この検出器を使って胸部 X 線デジタル画像を取得した結果を臨床的な視点から評価した。従来の X 線フィルム像に比べ、肺野および横隔膜や心臓に重なる部位での画質が優れており診断効果が高いことを示した。

第6章では、この検出器を放射光を使った高エネルギー X 線の物性実験の検出器に応用した結果を示した。作製した検出器はコンプトン散乱測定を目的としており、画素サイズ $250\mu\text{m}\times 8\text{mm}$ 、画素ピッチ $250\mu\text{m}$ 、画素数512の一次元位置敏感型のものである。結晶分光器で波長分散させた X 線を位置敏感型検出器で検出することでコンプトン散乱測定に必要なエネルギー分解能を得ることができる。この検出器の基本特性評価として、ノイズレベルの測定と、結晶分光器と組み合わせた際のエネルギー分解能評価を行った。ノイズレベルは約 40 keV であった。エネルギー分解能の評価は、検出器をコーシャスタイプの結晶分光器と組合せて、希土類元素の蛍光 X 線スペクトルを測定し、十分なエネルギー分解能を有していることを確認した。

第7章では本研究を総括し、まとめを行った。

論文審査の結果の要旨

申請論文では、医学診断領域での X 線線量での CdTe 検出器の計数特性を検出器結晶基板の結晶性との関連で評価した。その結果入射 X 線量が大きな領域で、結晶不均一性を反映するポーラリゼーション現象を見だし、次にこの現象が基板中のドーパント種と関連していることを見だし、医学診断用の検出器として塩素ドーパ結晶が適当であるとの結果を得た。次にこの検出器を使って臨床画像を撮影し、その有効性を示した。

本研究は、医学診断用デジタル画像を光子計数方式で得るという新しいテーマを扱い、そのための検出器特性についていくつかの新しい発見を行い、きわめて独創性の高いものである。また、論文内容の論旨の展開、および論文の構成も的確であると判断できる。医学診断用画像として、デジタル画像を提供することは、極めて重要な研究課題であり、本論文はこれに大きく貢献するものである。

論文の内容は、Japanese Journal of Applied Physics に1編が掲載に、IEEE Transactions on Nuclear Science に1編が印刷中、Proceedings of the 9th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses に1編が掲載、放射線医学物理に1編投稿中である。以上4編のうち、3編は申請者が筆頭著者である。

結論として、申請論文は学位論文に値するものである。

本論文は、CdTe 放射線検出器を使い、光子計数方式の、医学診断用デジタル画像撮像装置を作製することを目的としたものであるから、付記する専攻分野として「工学」が適当である。