

論文要旨

論文題目：CdTe 放射線検出器の実用化に関する研究

Study on CdTe radiation detectors for the practical applications

本論文は、半導体 CdTe 結晶を用いた放射線検出器の実用化に関する研究結果をまとめたものであり、全6章から構成される。

第1章ではまず、本研究の対象である CdTe 放射線検出器の特徴を示し、その社会的な有用性について、従来の検出器と比較して述べる。次に、本検出器の実用化のために解決しなければならない課題をまとめる。そして、本研究の目的を明らかにし、本論文の構成を示す。

第2章では、本検出器の基本構成部材である CdTe 結晶の製造に関する研究をまとめる。各種の結晶成長方法を比較検討し、放射線検出素子用 CdTe 結晶の製造法として THM (トラベリングヒーター法) を検討することにした。同法による一連の結晶成長工程を確立し、CdTe 単結晶を得るための結晶成長条件を実験的に明らかにした。

第3章では、THM 成長 CdTe 結晶を高抵抗化して放射線検出特性を引き出すための塩素ドーピング技術に関する研究をまとめる。塩素ドーピング量と結晶の抵抗値、塩素ドーピング結晶の熱履歴と放射線検出特性の関係について調べ、THM 結晶から再現性良く高品質の放射線検出素子を製造する技術を確立した。

第4章では、CdTe 結晶に電極を形成して構成される放射線検出素子に関する研究をまとめる。まず、検出器の動作原理から、素子の電荷収集効率を決定する重要なパラメータを確認した。次に、電極の種類と形成条件が検出特性に及ぼす影響を検討し、異なる性能を有する2種類の電極構造を開発した。さらに、各種放射線検出器用に様々な仕様の素子を開発した。

第5章では、CdTe 放射線検出器の特徴を活かした小型ガンマカメラの開発についてまとめる。手術室でも使用可能な核医学装置を目指して、CdTe 素子専用の信号読出集積回路 (ASIC) を採用することなどにより、放射線検出部を手持ち可能なサイズにまとめることができた。本装置は、従来のガンマカメラの基本性能を上回る性能を実現し、臨床試用などでその有効性が確認された。

第6章では、本研究によって得られた成果を総括するとともに、関連する技術の将来展望について述べる。今後、CdTe 放射線検出器は、医療、産業、保安検査などで実用化が期待されている。そのためには、まず CdTe 結晶および同素子の量産技術の開発が必要である。その上で、CdTe 表面の電極を細分化したピクセル素子に対応する信号読出回路および両者を接続する高密度実装技術を開発することによって、CdTe 検出器の特徴が最も活かされる X 線平面検出器 (FPD) の実用化が可能になる。

氏名： 大野 良一

(様式第5-3)

平成19年 2月 19日

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 渡久地 實
副査 氏名 前 濱 剛廣
副査 氏名 金 子 英治
副査 氏名 比 嘉 晃



学位（博士）論文審査及び学力確認終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び学力確認を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	大野 良一	
現住所		
成績評価	学位論文 合格	学力確認 合格
論文題目	CdTe放射線検出器の実用化に関する研究	
審査要旨（2000字以内）		
<p>本論文は、CdTe単結晶の作成技術開発から放射線検出素子としての開発まで一貫したテーマで研究してきた成果について述べている。</p> <p>放射線検出器用CdTeの結晶成長法として、単結晶成長が困難で生産性も低いと言われてきたTHM(Traveling Heater Method)を選択し、本法によるCdTe単結晶の成長技術を格段に向上させた。</p> <p>CdTe単結晶の成長は、「CdTe多結晶の合成」、「融帯用合金の調整」、「THMアンプルの作製」、「THM結晶成長」の開発が課題であるとし、「CdTe多結</p>		

(次頁へ続く)

晶の合成」では、Cdに対してTeを過剰とし、さらにCdとTeの石英アンプルの充填法を工夫することによって、700°C以下の温度域で反応を完了し、アンプルを破裂させることなくCdTe多結晶インゴットを調整する方法を開発した。THMにおいて融帯を形成するためには予め「融帯用合金の調整」を行い、「THMアンプルの作製」ではTHM単結晶成長で重要な融帯の体積を制御し、かつ連続的なTHM成長を可能にするために、THM成長前に融帯用合金でアンプルと多結晶およびシードとの間隙を埋める方法を開発した。各工程で使用する石英アンプルの内面には、メタンの熱分解によりカーボンコーティングを施して、CdTe結晶の石英への膠着を防止した。

THMで単結晶を得るためには、結晶成長界面を適正な凸型に保つことが必要であり、そのための融帯長を実験から見いだした。

THM成長CdTe結晶を高抵抗化して放射線検出素子特性を引き出すために、Clドープによる効果を詳細に検討した。Clは、 $CdCl_2$ としてTHM成長の融帯合金に添加することで、結晶の成長方向にほぼ均一にドープできることが確認された。ClドープTHM成長CdTe結晶用の熱処理条件を見だし、成長結晶全体から放射線検出特性が均一な素子を作製することが可能となった。

放射線入射によって結晶内に発生する電荷の捕集に関する理論とCdTe結晶に固有の電気特性から、電荷収集効率に素子の厚さと印加電圧に大きく依存し素子の内部でも位置依存性があることを明らかにした。

結晶表面に形成する電極は、無電解メッキ法によるPtがオーム性電極となり、真空蒸着法によるInがショットキー型電極となることを確認し、In/CdTe/Pt系素子に逆バイアスを印加することで、高電圧を印加しても暗電流の少ない素子を開発した。

このIn/CdTe/Pt系素子を基本に、高空間分解能型、高感度型、高分解能・高感度型など、実際の放射線計測のニーズに応じた種々の仕様の素子を開発した。

CdTe検出器を用いることで、従来のシンチレータを使ったガンマカメラでは実現できなかった、高感度かつ高エネルギー分解能で、手術中でも使用できるように手持ち操作が可能な小型ガンマカメラ(Mini Gamma Camera; MGC)を開発した。MGCは1,024chのCdTe素子モジュール、信号読み出し部、回路制御部、画像か部分、およびコリメータの各部で構成し、CdTeモジュールからの信号を適正に画像化するために有用な補正技術を付加することで、 γ 線の画像化が可能となった。

開発したMGCは、その目的とした手術中のセンチネルリンパ筋生検に有用であることが証明され、創薬分野における小動物実験での有用性が認められている。

CdTe放射線検出器の実用化に関する上記の成果は、博士論文の内容として十分な成果であり、論文審査の結果合格とする。試験による学力確認の結果も合格である。