

Title	高速CdTe放射線検出器の開発による線量計測とX線画像への応用に関する研究
Author(s)	馬場, 末喜
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/43278
DOI	
rights	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏 名	馬 場 末 喜
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 6 6 2 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 1 4 年 1 月 2 5 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	高速 CdTe 放射線検出器の開発による線量計測と X 線画像への応用に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 山本 幸佳 (副査) 教 授 高橋 亮人 教 授 飯田 敏行

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、高速応答 CdTe 放射線検出器の開発と線量計測及び X 線画像への応用に関する研究をまとめた。本論文は全 5 章から構成された。

第 1 章ではまず、本研究をはじめめるにあたっての社会的背景について述べ、次に、課題を克服するための技術背景として、放射線検出器の現状と課題について述べた。そして、課題を解決するための手法として、放射線量子の情報をすべて活用する方式を提案し、その利点について論じた。さらに、エネルギースペクトルを測定する手法としての半導体検出器の重要性を論じ、本研究の目的とその重要性を明確にした。

第 2 章では、室温動作可能な半導体検出器とその中で優れた特性を有する CdTe 半導体検出器について述べ、オーミック接合の薄型構造と高電圧印加による、CdTe 検出器の安定動作と高速応答可能な構造を見出した。さらに、その高速応答性とエネルギー分解能を両立させた半導体検出器と増幅回路を開発した。

第 3 章では、従来は不適と言われてきた高実効原子番号の固体検出器を用いた線量測定について論じ、CdTe 検出器を用いた光子計数線量測定法を開発した。従来の線量測定は、物質の吸収特性に大きく依存したが、エネルギー評価による光子計数値の重み付けを行うとともに、高エネルギー線については、周辺物質よりの散乱線を積極的に活用するようにし、60keV から 6 MeV まで応答の平坦な個人被曝線量計を開発した。また、この線量計を用いた原子力発電所の入退域管理システムを開発し、国内の原子力発電所で 20,000 台が運用され、国内の半数以上の発電所で使用される実績を残した。

第 4 章では、複数個の CdTe 検出器をアレイ状に配置し、強度を X 線量子の個数として計数し、画像情報とする新たな X 線撮像方法を開発した。さらに、検出器にエネルギー検出機能を持たせたエネルギー評価 X 線デジタルラジオグラフィ法を発明した。これを骨粗鬆症の検診用として応用するために、新たにエネルギー単一性の高い X 線源を開発し、マルチチャンネルの 2 重エネルギー X 線骨密度測定装置を開発・実用化した。測定時間が従来の 1/20 と短く、国内外で、約 1,000 台運用される実績を作った。

第 5 章では、本研究によって得られた成果を総括した。また、将来展望について述べた。線量計測では β 線や中性子線の計測などへの応用範囲の拡大や、フィルムバッジに替わる線量評価用線量計としての応用展開について述べた。また、画像用センサは 2 次元化が進行し、工業用検査撮像センサとして、微細化のニーズが高まることを予測し、このために半導体検出器が注目されてくることを論じた。

論文審査の結果の要旨

本論文は常温で作動可能な半導体放射線検出器としてII-VI族の化合物半導体 CdTe を取り上げ、その動作特性を詳細に把握することにより種々の応用を試み、具体的な製品化に至る過程を述べたものである。

本論文の主な成果をまとめると次のようになる。

- (1)半導体内の電子と正孔の移動度の差異がエネルギースペクトルや時間応答特性の悪化の主要な原因となっているが、本論文では半導体素子を薄くして高電圧を印加した結果、高電場の中では電子の速度に上限があり、正孔の移動速度が電子のそれに近づく現象を見出し、CdTe 検出器のエネルギー分解能の向上と高速応答特性を実現している。
- (2)実効原子番号の高い CdTe などの半導体検出器は、X線やガンマ線に対するエネルギー吸収率が空気や組織等価物質に比べて高いため、一般には空気カーマの測定や、実効線量、等価線量などの評価に適さない。しかし、素子を薄くすると高エネルギー対応の全エネルギーピークの検出効率は下がるため、本論文ではこれらを敢えて計数せず、コンプトンエッジ以下のエネルギーに対する計数値と周辺に配置された散乱体からの散乱線を積極的に利用し、適当な計数回路と組み合わせることにより、60keV から 6 MeV までの広範囲に亘ってエネルギー特性の平坦な個人被ばく線量計の開発に成功している。
- (3)医療診断用の X線画像の構築には、散乱線の影響の除去、センサ感度の均一化、測定時間の短縮、コスト減などの問題点を解決しなければならない。本論文では多数の CdTe 検出器をアレイ状に配置し、ラインセンサ方式による新しい X線画像撮像装置の開発に成功したことが述べられている。さらに、CdTe 検出器はエネルギー分解能もすぐれていることを利用し、エネルギー評価 X線量子計数デジタルラジオグラフィ装置の開発にも成功している。これを、フィルタ法を利用して新たに開発した疑似単色 X線源と組み合わせることにより、高精度の X線骨密度測定装置の実用化に成功している。

本論文で述べられている個人被ばく線量計を用いた入退域管理システムは国内の半数以上の原子力発電所で採用され、総計約 2 万台が使用されるという実績を残している。一方、骨密度測定装置の方は測定時間が従来の 1/20 に短縮されたこともあり、国内外で約 1 千台が利用され、骨粗鬆症の診断に威力を発揮している。

以上のように、本論文は CdTe 検出器の基本特性の詳細な研究と、得られた知見を利用して開発実用化された高速応答線量計及び高精度 X線画像撮像装置について記述している。これらの成果は原子力工学の分野は勿論のこと、医学放射線物理の分野にも寄与するところ大である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。