



Title	CdZnTe detector in diagnostic x-ray spectroscopy
Author(s)	宮島, 悟史
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43852
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	宮島悟史
博士の専攻分野の名称	博士(保健学)
学位記番号	第17703号
学位授与年月日	平成15年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 医学系研究科保健学専攻
学位論文名	CdZnTe detector in diagnostic x-ray spectroscopy (CdZnTe検出器を用いた診断領域X線スペクトル測定)
論文審査委員	(主査) 教授 上甲剛 (副査) 教授 村瀬研也 教授 稲邑清也 助教授 松本政雄

論文内容の要旨

【概要】

CdZnTe半導体検出器(CZT検出器)を診断領域($\sim 150\text{ keV}$)におけるX線スペクトル測定に用いることを目的とする。まずCZT検出器の応答計算モデルを構築し、Monte Carlo法により応答関数を算出した。次に算出された応答関数を用い、測定したX線スペクトルに含まれる歪みの補正を行った。その結果、従来用いられてきた高純度ゲルマニウム半導体検出器(HPGe検出器)で得られるX線スペクトルに匹敵する結果が得られた。適切な応答補正を施すことで、CZT検出器を診断領域のX線スペクトル測定に適用できることが示された。

【背景】

X線画像は、X線と物質の相互作用を利用して形成される。また画像形成に伴って生じる被曝線量は、この相互作用に伴う付与エネルギーに起因する。この相互作用が生じる確率は、X線エネルギーに大きく依存する。よって画像形成過程や被曝発生過程を解析する際には、一般にX線エネルギーの代表値として用いられる実効エネルギーでは不十分であり、X線エネルギー分布、すなわちX線スペクトルを用いる必要があると考える。

従来X線スペクトル測定には、診断領域のX線に対する応答特性がよいHPGe検出器が用いられてきた。しかし、この検出器は液体窒素による冷却が必要するために大きく、測定配置に制約が生じる。そのため、小型検出器のX線スペクトル測定への適用が望まれている。

現在、CZT検出器を始めとする室温動作検出器が開発されている。化合物半導体を用いた室温動作検出器は、結晶のバンドギャップが大きいために液体窒素による冷却が不要であり、検出器の小型化が可能である。しかし化合物半導体はやや純度が低く、また得られる結晶が小さいため、応答特性に問題がある。従って化合物半導体検出器をX線スペクトル測定に用いる際には、応答補正が重要となる。

【方法】

(1)CZT検出器の応答関数をMonte Carlo法で計算した。応答計算モデルにおいて、電荷キャリアのtrappingの影響(tailing)をHecht式で近似した。Hecht式中のパラメータ(電荷キャリアの平均自由行路長 λ)は、実測した λ

線スペクトルにおける tailing に対して、算出した応答関数における tailing を fitting することで決定した。

(2) CZT 検出器を用いて測定した X 線スペクトルに対し、算出した応答関数を用いて stripping 法による補正を行った。

補正結果を HPGe 検出器で得られたスペクトルと比較した。なお、測定時の管電圧は 40 kV～120 kV であった。

【結果と考察】

- (1) Monte Carlo 法を用いて計算した応答関数は、対象とするエネルギー領域 (10～150 keV) で実測した γ 線に対する応答によく一致した。このことは、Hecht 式を導入した応答計算モデルと計算に用いたパラメータの妥当性を示す。
- (2) 測定した X 線スペクトルに対し応答関数を用いた補正を行った結果、HPGe 検出器で得られるスペクトルに匹敵する結果が得られた。この結果は、算出された応答関数が妥当であることを示している。
- (3) 小型の CZT 検出器を X 線スペクトル測定に利用できるならば、測定配置の自由度が高まる。特に臨床現場での測定が可能であることは、大きな利点である。
- (4) 現在 CZT 検出器以外にも、多くの化合物半導体検出器が開発されている。この化合物半導体検出器は小型で検出効率が高いことから、今後の普及が見込まれる。しかし、一般に化合物半導体検出器は結晶純度が低く、電荷キャリアの輸送特性に問題がある。今回用いた応答計算モデルは結晶格子欠陥による電荷キャリアの trapping の影響を考慮しており、パラメータを変更することで CZT 検出器以外の化合物半導体検出器の応答計算にも使用可能である。

【まとめ】

Monte Carlo 法で算出した応答関数を用い、CZT 検出器で測定した X 線スペクトルを補正した。応答計算においては Hecht 式を計算コードに組み込み、CZT 結晶内での電荷キャリアの trapping の影響を考慮した。適切なパラメータ（電荷キャリアの自由行路長 λ ）を選択することにより、応答関数における tailing が実測した応答に一致することを確認した。その応答関数を用いて X 線スペクトルを補正することで、検出器が置かれた場の X 線スペクトルを得ることができた。今回得られた結果は、適切な応答補正により CZT 検出器を診断領域の X 線スペクトル測定に利用できることを示している。CZT 検出器の使用により、X 線スペクトル測定の適用範囲が広がることが期待される。

論文審査の結果の要旨

CdZnTe 検出器は小型という利点がある一方で、結晶中の不純物に起因する歪み (tailing) の影響が大きく、X 線スペクトル測定への適用は困難であった。本研究において、彼は CdZnTe 検出器の応答計算モデルを作成し、算出した応答関数を用いて検出器出力に含まれる歪みの補正を行う方法を確立した。それにより、CdZnTe 検出器を用いた X 線スペクトル測定が可能となった。彼の研究は、従来検出器の大きさにより制限されてきた X 線スペクトル測定の自由度を大幅に拡張する点に意義がある。本研究は博士（保健学）の学位授与に値する。