

[別紙 2]

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 アリ ノーハ シャーバン エルサッド

遺伝アルゴリズム (GA) は、非線形の複雑な関数に対して有効であることからさまざま最適化問題への適用が進められてきている。一方、放射線計測分野において簡便であることから半導体検出器が注目されているが、検出器のエネルギー分解能が十分ではない。そこで本論文では、半導体検出器から得られる波形データに対して GA を適用することで波高スペクトルの改善を図ることを目的として研究を行い、多重散乱のような複雑な信号生成の過程を考慮することが可能になり、実験データへの適用によりその有効性を明らかにした。

第 1 章は序論である。放射線検出器の必要性にはじまり、化合物半導体検出器の特長について述べているが、同時に、現状における問題点を列挙している。特に正孔の回収率が悪いために、得られるエネルギー分解能が十分ではないことが説明されている。これを解決する最良の手段として材料改善があげられているが時間がかかることから、検出器から得られる波形信号を改善することを提案している。その方法として、信号を回路により直接改善するハードウェア処理とデジタル化した後コンピュータにより解析するソフトウェア処理が検討されており、ソフトウェア処理、特に遺伝アルゴリズムを用いた方法の特長が述べられている。

第 2 章では化合物半導体検出器について述べている。半導体の材料の特性、特に室温で動作可能な CdZnTe を中心に紹介している。次に、放射線検出器において重要となるガンマ線と物質との相互作用について、光電吸収、コンプトン散乱、対生成をガンマ線エネルギーに対応して検討している。これらを踏まえて、半導体検出器の電極への電荷の収集過程について検討を加え、そのモデル式を提案している。さらに多重散乱の効果を重ねあわせで表現し、検出器の応答関数を考慮している。

第 3 章では遺伝アルゴリズムの概観について述べている。まず、さまざまな最適化問題の解法について長短所を整理し、本論文で取り扱う問題に対して遺伝アルゴリズムが優れている点を明らかにしている。そこで遺伝アルゴリズムの方法論について解説し、用いるパラメータを決定している。

第 4 章では、遺伝アルゴリズムを化合物半導体検出器における電荷損失補正へ適用する方法論を検討している。ここでは、荷電粒子・光子モンテカルロ計算コード EGS4 を用いて CdZnTe 検出器から得られる信号を多重散乱まで考慮して計算機上で発生させ、それに本論

文で提案した方法を適用しその有効性を検証している。ここで用いられているモンテカルロ法にもとづく EGS4 コードについて詳しく説明されている。次に遺伝アルゴリズムを用いた波形分析の方法について述べている。まず、信号波形を 16 成分のベクトルに変換することにより信号の波高ではなく波形の特徴を抽出することが可能となる。そのベクトルデータをもとにして、半導体検出器内での電荷発生位置を遺伝アルゴリズムで再現し、EGS4 のデータと比較し、多重散乱過程を含めてよく再現されていることを示している。これにより得られた電荷発生位置から入射ガンマ線のエネルギーを補正し、波高スペクトルの分解能が改善され、本論文の手法が有効であることを明らかにしている。

第 5 章では、この手法を用いて実験により得られる CdTeZn 検出器のエネルギー特性の改善を行っている。まず実験装置の説明を行い、線源として ^{137}Cs (662 keV), ^{57}Co (122 keV), ^{241}Am (60 keV) という 3 つの異なるエネルギー領域について実験データを取得している。 ^{137}Cs (662 keV) においては、実験データでは確認できない 662 keV のピークを本手法では明確に再現でき、12.3 keV(FWHM)のエネルギー分解能を得ている。さらに多重散乱を考慮することによりエネルギー分解能を 9.2 keV(FWHM)まで改善している。また標準偏差の大きいデータを切り捨てることにより 7.96 keV(FWHM)の分解能を得ている。多重散乱を考慮した結果、検出器表面から外部へ放出されるエックス線があるために現れるエスケープピークも再現することに成功している。次に ^{241}Am (60 keV) については、実験データの半値全幅が 2.41 keV であるのに対して補正後では 2.34 keV が得られている。これは入射エネルギーが小さいため、ほとんどのガンマ線が検出器表面で吸収されるため、正孔の信号への寄与が小さく補正が有効に働かないためであるとしている。しかしながら、標準偏差により実験データを選別することにより半値全幅は 1.56 keV に改善されている。さらに ^{57}Co (122 keV)の実験データにも本手法を用いており、標準偏差によるデータ選別によりエネルギースペクトルが改善されている。

最終章は結論であり、本論文で考案された手法が半導体放射線検出器に有効であるという成果がまとめられている。

以上のように、本論文は半導体放射線検出器の波形データへ遺伝アルゴリズムを適用することにより、波高スペクトルを改善できることを示したものであり、放射線計測の進展に寄与するところが少なくない。

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。